Roger Godement

Mathématiques, recherche et armement



1970 - 2011

Mathématiques, recherche et armement

Édition en cours…

Présentation

Roger Godement, né le 1er octobre 1921 au Havre, est un mathématicien français connu pour ses travaux en analyse fonctionnelle, topologie algébrique et théorie des groupes et pour ses livres de vulgarisation. Il a été un membre actif du groupe de mathématiciens Bourbaki au début des années 1950, pour lequel il a effectué de nombreux exposés lors de séminaires.

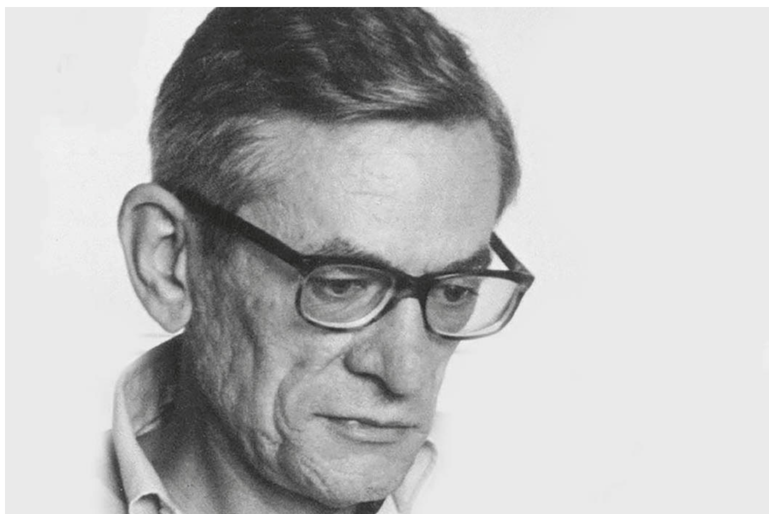
Il est également connu pour ses engagements personnels, notamment contre la guerre menée par la France en Algérie au début des années 1960, puis contre le complexe militaro-industriel et la collaboration entre scientifiques et militaires à partir des années 1970. Il fut proche du mathématicien Alexandre Grothendieck, qui créa la revue écologiste radical *Survivre et Vivre*, même s'il ne semble pas avoir partagé sa critique du milieu scientifique. A travers différents textes et articles, il a réalisé un travail d'historien des sciences et des techniques sur la collaboration entre scientifiques et militaires.

En octobre 2011, ses anciens élèves lui offrent un site Internet à son nom : <http://godement.eu/> (voir section suivante). Il y archive les textes que nous avons mis en page et recueillis dans cette édition.

Il est mort le 21 juillet 2016 à Paris.

Nous avons jugé utile et nécessaire de maintenir ces textes accessibles dans une édition agréable à lire et consulter…

Bertrand Louart



Roger Godement

Présentation du site Internet

Je suis, ou ai été, un mathématicien. J'ai enseigné de 1946 à 1955 à l'université de Nancy, puis à la Faculté des Sciences de Paris (ou Paris 7) jusqu'en 1990, où j'ai eu une dizaine d'élèves (ou soi-disant tels – ils se sont généralement tirés d'affaires sans moi) en doctorat, tous maintenant professeurs dans diverses universités.

J'ai eu 90 ans le 1er octobre 2011. Un groupe d'une trentaine d'anciens élèves, d'amis et de collègues ont, sans guère m'en informer à l'avance, célébré cet évènement en se réunissant chez Claude Bardos le 2 octobre. La présence de tous ces gens, que pour certains d'entre eux je n'avais pas rencontrés depuis des années en raison de mon éloignement du milieu mathématique et que je ne m'attendais pas à voir, m'a donné la plus grande émotion de ma vie.

Et ils m'ont fait cadeau d'un site Internet à mon nom contenant quelques dizaines de textes que j'ai écrits, mais pas toujours publiés, sur les relations entre science, technologie et armement, la course aux armements et autres sujets analogues, étant entendu que ce serait à moi de le compléter ou de le modifier.

Le présent site [http://godement.eu/] en est le résultat. Sans l'initiative de tous ces amis, je n'aurais jamais eu le courage – ni l'idée – de construire un site à mon nom et de publier des textes dont la valeur ne me paraît pas toujours évidente… Qu'ils en soient chaleureusement remerciés.

R. G. [@2011]

Nota Bene : Sur son site Internet, Roger Godement a parfois accompagné la publication de ses textes de quelques commentaires afin de les resituer dans leur contexte. Nous les reproduisons ici, précédés de la mention : R. G. [@2011].



Roger Godement à Berkeley en 1970.

Pour qui travaillent les mathématiciens ?

Les deux textes qui suivent [*Pourquoi faites-vous des sciences ?* et *Mathématiciens (purs) ou putains (respectueuses) ?* auxquels nous avons ajoutés *M. Guichard et les mathématiciens* et *Survivre à la recherche militaire* ; NdE] expliquent pourquoi j'ai consacré par la suite une partie appréciable, et la totalité après 1990, de mon temps à tenter de comprendre d'abord les relations entre mathématiciens et organismes militaires, puis, très rapidement à élargir le sujet au domaine "science, technologie et armement" (STA).

Jusqu'en 1971, en ce qui concerne les mathématiques "pures" que tous mes amis et moi-même pratiquions, je n'avais jamais eu affaire en France, comme participant ou spectateur, à des colloques ou publications subventionnés par des organismes militaires. Il n'en était naturellement pas de même aux USA, où tout le monde pouvait constater en ouvrant une quelconque revue que beaucoup de nos collègues travaillant en Amérique bénéficiaient de contrats militaires (le plus souvent de l'Office of Naval Research, ONR) même lorsque leurs recherches n'avaient aucune application militaire vraisemblable ou visible. Cette situation m'énervait passablement depuis une dizaine d'années ; la proposition de MM. Serre, Deligne et autres m'a fait exploser – trop brutalement penseront certains ; mais comment exploser calmement ?

Cet incident m'a, en 1972 ou 1973, conduit à demander – et à obtenir sans difficulté – la création d'un secteur "Science et société" à la bibliothèque de l'université de Jussieu, secteur centré principalement

sur la période contemporaine ; il m'a naturellement servi à écrire certains des textes publiés ici. Je m'en suis beaucoup occupé jusqu'en 1996, date à partir de laquelle j'ai rédigé à plein temps mes deux volumes d'*Analyse Mathématique*. En outre, peu de temps après la création du secteur "Science et société" arriva à Jussieu un polytechnicien de l'aéronautique, Serge Guéroult, chargé principalement d'organiser les communications informatiques avec l'extérieur ; la directrice de la BU lui en a aussitôt confié la direction, qu'il a fort bien assurée – le sujet l'a immédiatement intéressé – jusqu'à son départ à la retraite en 2005.

En 2005 aussi, la séparation physique des deux universités (Paris VI et Paris VII) a conduit à un partage du secteur "Science et société" ; Paris VI a obtenu environ 4 000 "doublons", lesquels ont permis de créer une section "Recherches sur la science" de la bibliothèque de Physique. A Paris VII, la section "Science et société" a été intégrée dans une section de la nouvelle bibliothèque centrale consacrée à la traditionnelle "Histoire des sciences et des techniques", domaine beaucoup plus vaste dans lequel vont probablement se diluer les crédits.

Tout indique donc que l'esprit de la bibliothèque initiale – concentration sur les relations entre science, technologie et société, politique et économie de la recherche scientifique et de l'innovation technologique, relations université-industrie, etc. – va être en grande partie et rapidement perdu.

R. G. [@2011]

9 septembre 1970

M. Guichard et les mathématiciens

Il est intéressant de lire dans *Le Monde* du 3 septembre des extraits de l'appel que M. Olivier Guichard a lancé aux mathématiciens de tous les pays rassemblés à Nice. Si, après tant d'autres personnalités françaises et étrangères, M. Guichard croit devoir tellement insister sur la nécessité pour les scientifiques « purs » de faire bénéficier la société de leurs talents supposés, c'est sans doute parce qu'on a cru déceler des réticences. Il est facile, et urgent, d'expliciter l'une des principales raisons qui les motivent, celle qui, de très loin, se trouve être la plus actuelle.

S'agissant des mathématiques il est clair, comme M. Guichard l'a fort bien vu, qu'on peut les appliquer soit aux classiques sciences de la nature et aux techniques qui en dérivent (physique, électronique, études aérospatiales, énergie nucléaire, etc.), soit aux sciences humaines, au *management*, au (ou à la) *decision making*, etc. Le second type d'applications, bien plus encore que le premier, s'effectue par l'intermédiaire des calculatrices et des « programmes » qu'on leur fournit.

En France, l'un des lieux privilégiés où s'effectue le premier type d'applications est naturellement l'École polytechnique, dont un collègue de M. Guichard nous a un peu entretenus récemment (il semblerait que l'on puisse y *penser* tout ce que l'on veut, à la seule condition de ne pas aller plus loin ; il y a peu d'endroits sur la Terre où l'on ne jouisse pas de cette liberté intérieure que l'armée accorde généreusement à ces jeunes gens). Cet établissement recrute chaque année l'élite de la jeunesse scientifique française, principalement en fonction de ses aptitudes *mathématiques*. Il en sort un flot continu

d'ingénieurs, civils ou militaires – la distinction dans ces domaines peut paraître obscure –, qui se spécialisent dans les applications du premier type. C'est en grande partie à eux que nous devons nos plus remarquables réalisations : force de frappe, fusées, sous-marins nucléaires, Mirage, etc.

C'est peut-être ici le lieu de rappeler ce que le général Fourquet écrivait en mai 1967 dans la *Revue de défense nationale* (voir aussi *Le Monde* du 30 avril 1967), à savoir que l'armement finance 60 % de l'électronique professionnelle, 70 % de l'industrie aérospatiale, 55 % des dépenses du commissariat à l'énergie atomique (CEA) et 30 % (en 1967) de l'effort national en matière de recherche.

II va de soi qu'aux États-Unis, où la liaison science-industrie est beaucoup plus étroite qu'en France, la situation est bien pire encore (ou bien meilleure, si l'on adopte le point de vue des sirènes gouvernementales). Les problèmes sont sans doute les mêmes en Union soviétique, puisqu'on y produit les mêmes engins.

Il est donc clair, en ce qui concerne le premier type d'applications, que ceux qui nous demandent de nous ouvrir vers le monde extérieur – ce qui, dans certaines circonstances, pourrait être en effet une bonne idée – nous proposent principalement de coopérer avec les militaires. Comment, dans ces conditions, s'étonner que certaines personnes préfèrent, puisqu'il faut bien choisir, l'isolement de leur tour d'ivoire ? La seule activité *décente* qu'elles pourraient avoir à l'École polytechnique, à l'Office national d'études et de recherches aérospatiales, au commissariat à l'énergie atomique et dans bien d'autres lieux serait d'y prêcher la *subversion* : M. Guichard ne l'apprécierait vraisemblablement pas, ni ses amis. On préfère donc se cantonner dans les groupes d'homotopie des sphères : ne servant à rien, ils sont du moins inoffensifs.

Il y a des Américains à Nice, aux États-Unis, où je viens de passer une année très instructive, j'ai pu apprécier et admirer l'énergie et le courage dont beaucoup d'étudiants et quelques-uns de leurs maîtres font preuve pour tenter de restaurer un peu de *décence*, précisément,

sur leurs campus. Pour les plus innocents d'entre eux – *make love, not war* – comme pour ceux qui le sont maintenant un peu moins – *make love* and *war* – la décence consiste en tout premier lieu à éliminer des universités les laboratoires, voire même les hommes, qui coopèrent avec le monde extérieur en se transformant en succursales du Pentagone. Pour eux comme pour Albert Szent-Gyorgyi (soixante-seize ans, celui-ci, et prix Nobel de biologie), la société américaine est maintenant *death oriented* (*New York Times*, 20 février 1970) ; il ne s'agit pas de s'y intégrer harmonieusement comme M. Guichard semble le leur proposer ; il s'agit, bien au contraire, de la révolutionner, au besoin politiquement si le pouvoir bloque toutes les autres voies.

La société française n'est pas tellement meilleure, toutes proportions gardées. Il y a sûrement à cinquante mètres de mon bureau de la Halle aux sciences des laboratoires qui fonctionnent en annexe de l'armée – on les connaît seulement moins bien qu'aux U.S.A. : n'avouez jamais ! Nous ne pouvons plus traiter les Vietnamiens au napalm, mais on n'a pas entendu dire que ceux qui nous gouvernent depuis douze ans y aient jamais rien vu de mal, à l'époque où le napalm était français. Ils nous ont, au reste, assez bien fait comprendre le fond de leur pensée en orientant une grande partie du progrès scientifique et technique français vers la constitution d'une « force de frappe » destinée, disent-ils, à « vitrifier » les cités – les cités, bien sûr – d'un éventuel agresseur. Avec cette quincaillerie nous aurions peut-être pu à Dien-Bien-Phu, nous dégager et continuer à « casser du Viet », cependant qu'à Suez on nous eût permis de « casser du raton » à satiété.

On peut conjecturer qu'il se trouve en France, comme aux États-Unis, des scientifiques – peu nombreux, certes – qui n'aiment pas, eux non plus, les « casseurs » et n'apprécient pas les perspectives qu'on leur propose.

Quant au second type d'applications – les mathématiques au service du *management*, du *décision making*, etc., – il est miraculeux qu'au moment même où M. Guichard en traitait à Nice, M. Ralph Nader en parlait, lui, à New-York, au congrès de l'Association of

Computing Machinery (*International Herald Tribune*, 3 septembre 1970), pour la mettre en garde contre deux développements depuis longtemps prévus : d'une part le fait que les grandes machines sont, et pour cause, sous le contrôle exclusif des grandes entreprises et du gouvernement ; d'autre part, la constitution, rendue possible par ces machines, de « *banques de données* », où sont emmagasinées, à la disposition des personnes « autorisées », des quantités massives d'informations sur des quantités massives de gens qui ignorent les informations dont on dispose à leur sujet, ignorent à qui elles seront communiquées, ignorent comment elles ont pu être recueillies, et enfin ne sont pas, eux, autorisés à consulter ne serait-ce que leur propre carte, encore moins à la contester. Belles perspectives pour les mathématiques appliquées ici encore.

On voit bien qu'il s'agit dans tout cela d'une question de *confiance* : la plupart des personnes avec lesquelles on nous demande de coopérer ne nous en inspirent aucune ; les Jeunes Américains – il doit s'en trouver à Nice – l'ont parfaitement compris. Il serait futile de proposer à nos *power elites* des « *conduites rationnelles* », qui ne seront évidemment pas acceptées si elles le sont vraiment… Le vrai problème, qui regarde les scientifiques en face depuis Hiroshima, est le suivant : comment transformer une société que ses dirigeants orientent vers la puissance, la mort, la destruction de la nature, la mise en carte de l'homme, en une autre qui serait, elle, orientée vers l'amitié, la vie, la conservation et la libération. On commence à entrevoir les premières fissures dans les murailles d'inhumanité dont s'entourent ceux qui intéressent le plus M. Guichard et le Pentagone – les mathématiciens et les physiciens. Il faut les ouvrir, et abattre les murs pour y laisser entrer le souffle de l'espoir. Vive la vie, monsieur Guichard.

Roger Godement,
Professeur à lu faculté des sciences de Paris.

Tribune parue dans le journal *Le Monde* du 9 septembre 1970.

Janvier 1971

Pourquoi faites-vous des sciences ?

Comment passe-t-on de la science pure à la science appliquée, à la technologie, à la quincaillerie ? Existe-t-il une idéologie de la science ? Les mathématiques sont-elles un instrument de répression des fils de prolos en France, et peuvent-elles servir à les libérer en Chine ? Avez-vous réfléchi aux obstacles psychologiques que doit surmonter le chercheur débutant ? Existe-t-il des hiérarchies sociales à l'intérieur du milieu scientifique ? Le problème est-il de faire calculer les réacteurs des Mirages par des fils de prolos plutôt que par des fils de bourgeois ? Possède-t-on des informations statistiques sur l'origine sociale des scientifiques ? La guerre du Vietnam agite-t-elle autant les chimistes américains que les physiciens, ou que les sociologues ? Que savez-vous d'Oppenheimer, de Teller, de von Neumann, de Wiener, de von Kârmân ? Avez-vous entendu parler du Manhattan Project, du MANIAC, de la Super, des ICBM, du B-70, du SST, des ABM, de la CBW, du MIT, de la RAND, du MITRE, de l'IDA et de l'ARPA, du DOD, de la NASA, du SAC, *and what not* ? Savez-vous que le von Neumann de la logique et des espaces de Hilbert a aussi inventé la théorie des jeux et les ordinateurs, calculé la bombe H, et dirigé la première commission d'étude américaine des fusées intercontinentales ? Savez-vous que le R (Ramo) et le W (Woolbridge) de la compagnie TRW, qui va construire une succursale à Bordeaux, faisaient partie de la dite commission ? Est-il Dieu possible que l'Université de Paris ait, en 1957, décerné un diplôme de docteur *honoris causa* au savant aérodynamicien qui présidait depuis 1945 le comité scientifique consultatif de l'US Air Force ? Saviez-vous que c'était « un humaniste avec des amis et des admirateurs dans tous les

milieux », « un homme de magnétisme, de charme et par-dessus tout doué d'un sens rafraîchissant de l'humour » ?

Pourquoi les étudiants américains attaquent-ils l'Institute for Defense Analysis, le Stanford Research Institute, le Lincoln Lab ? Du reste, que savez-vous de ces institutions scientifiques ? Avez-vous entendu parler de la grève du MIT du 4 mars 1969 et du discours de Georges Wald à cette occasion ? Est-il raisonnable de croire que les aspects militaires du progrès scientifique menacent la survie de l'espèce humaine ? Ce que racontent les survivants d'Hiroshima vous concerne-t-il ? N'est-il pas évident que les scientifiques ont toujours « détourné » au profit de l'humanité l'argent des militaires ? Au reste, la distinction entre crédits civils et crédits militaires a-t-elle un sens ? L'inventeur des équations de Maxwell est-il responsable de la censure à l'ORTF ? Est-il légitime de penser que tout ce qui est techniquement faisable se fera, donc doit se faire, donc que j'aurais intérêt à le faire sur-le-champ pour battre mes petits camarades à l'arrivée ? Et ta sœur, si le cousin Jules te disait qu'il va la violer demain à cinq heures, est-ce que tu irais coucher avec elle sur-le-champ pour être certain de ne pas rester en rade ? Avez-vous entendu parler de la déontologie des ordinateurs, des écarts technologiques, et du plan Calcul ? Que savez-vous de la DGRST, de la DRME, de l'ONERA, du CNES, de l'histoire du Commissariat à l'énergie atomique, de Saclay, de Pierrelatte, de l'accélérateur, et de tout ce qui se passe dans tous les labos parisiens ? Quelles sont leurs sources de financement, comment recrutent-ils leur personnel, quelles sont leurs relations avec l'extérieur ? Connaissez-vous l'histoire de l'École polytechnique, et savez-vous ce que deviennent les polytechniciens ? Le laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure est-il une institution purement scientifique ?

Croyez-vous au scénario suivant : 10 000 chars soviétiques convergent vers l'Alsace-Lorraine, M. Debré parle de vitrifier Moscou, et les tanks russes, la queue entre les jambes, rentrent piteusement au bercail ? Qui construit la force de frappe ? Un pays comme la France peut-il, sans aide extérieure, édifier une industrie

atomique rentable ? Le rôle d'une faculté des Sciences devrait-il être simplement d'indiquer aux étudiants les routes à suivre pour s'intégrer à la société, ou devrait-on aussi les aider à la comprendre ? Les étudiants savent-ils ce qu'ils font lorsqu'ils choisissent une spécialisation ou un métier ?

Que savez-vous des études de physique à l'Université de Moscou ? Les NASA russe et américaine se ressemblent-elles? Que sait-on de la recherche scientifique en Chine ? La fusion de la théorie et de la pratique, est-ce que c'est la vie de von Kârmân?

Si vous ne trouvez pas de réponses à ces questions dans vos bibliothèques, et si vous êtes plus curieux que vos professeurs, ou vos patrons, ou vos collègues, pourquoi ne pas venir travailler avec nous ?

Roger Godement,
Mathématicien, professeur à l'Université Paris VII.

[Verso d'un tract distribué en janvier 1971 à la faculté des Sciences de Paris et appelant à une réunion d'information et de recrutement du groupe d'étude "Science et société"]

Janvier 1971

Survivre à la recherche militaire

Les remarques de M. Michel Debré sur ce qu'il appelle les « oppositions idéologiques » à la recherche militaire nous paraissent appeler, entre bien d'autres, les commentaires suivants.

Idéologie ?

Pour la personne qui l'adopte, une idéologie est une conception globale du monde à l'intérieur de laquelle tout s'éclaire et s'ordonne. L'opposition de ceux qui refusent de coopérer avec les militaires ne provient qu'assez rarement d'une idéologie ; elle procède le plus souvent d'un principe moral très simple, à savoir que *la science se dégrade en fournissant aux gouvernants des moyens d'extermination de plus en plus puissants*. M. Debré n'ignore certainement pas que les médecins ont adopté ce principe depuis longtemps, et qu'ils n'invoquent aucune idéologie pour se justifier. Il S'agit pour eux d'aider les hommes à *vivre*, pas à *mourir*. Au reste, et si la profession médicale française, dont les convictions sont dans l'ensemble assez modérées, invoquait une idéologie pour justifier le serment hippocratique, on peut conjecturer qu'elle invoquerait celle qui anime M. Debré lui-même. Notre position n'a donc vraiment rien de révolutionnaire…

Sectarisme ?

Invoquant les traditions de la « France libérale », M. Debré nous avertit que, si chacun est libre de refuser la coopération avec les militaires, « aucune pression directe ou indirecte ne doit être exercée pour empêcher les scientifiques qui désirent le faire de collaborer avec

l'armée ». On pourrait inversement observer que, si beaucoup de jeunes scientifiques acceptent de travailler avec les contrats de la DRME par exemple, C'est en bonne partie parce que les autres sources de crédits ne suffiraient pas à leur assurer un financement décent. Il y a là, nous semble-t-il, un autre type de « pression directe ou indirecte », tout à fait contraire aux traditions de « la France respectueuse des opinions ». Quant aux « patrons » qui, par conviction (ou manque de convictions), coopèrent avec l'armée depuis vingt ans, ils s'exposent ainsi au risque de se retrouver dans la situation de certains scientifiques américains attaqués par des étudiants dont la tolérance ne va pas jusqu'à accepter l'utilisation de laboratoires universitaires pour l'étude des systèmes de guidage des fusées MIRV, et l'on ne peut que leur présenter d'avance des condoléances aussi sincères qu'émues : ils sont prévenus depuis longtemps.

Défense nationale ou Instrument de domination ?

> « Refuser la recherche militaire, c'est refuser de croire à la défense de son pays, c'est donc vouloir que son pays soit soumis à la servitude. »

Conformément aux meilleures traditions, M. Debré ne nous montre ici que l'aspect « défense » de la guerre : pour lui, seules existent les armées de Valmy. On pourrait être tenté d'en déduire que, de son point de vue, le concept de « défense » couvre aussi les guerres napoléoniennes, les enfumades algériennes du brav' général Bugeaud, l'expédition du Mexique, la conquête de l'Indochine, la guerre du Rif, la répression au Tonkin dans les années 1930 ou dans le Constantinois en mai 1945, le bombardement de Haiphong (5 000 morts en deux heures) en novembre 1946, la répression à Madagascar en 1947, la guerre d'Indochine, les négociations de M Georges Bidault, à l'époque dé Dien-Blen-Phu, en vue d'obtenir un soutien américain, bombes A tactiques inclusivement [1], la guerre

[1] Voir par exemple C. Wright Mills, *The Power Elite*, ou L. Scheinman, *Atomic Energy Policy in France under the Fourth Republic*, ou *The Indochina Story* (Bantam Books, 1970), publié par le Committee of concerned Asian Scholars ; ces livres fournissent

d'Algérie et ses baignoires, l'expédition de Suez, et les opérations actuelles au Tchad. On pourrait aussi en déduire que, pour M. Debré, c'est pour assurer la « défense » de la France contre la servitude que l'on demande aux scientifiques et ingénieurs de l'ONERA – ils semblent trouver la chose bien normale – de dessiner des avions de chasse que l'on vendra ensuite à n'importe qui, par exemple à l'Afrique du Sud, dangereusement menacée par les gigantesques progrès technologiques de ses voisins. Il serait enfin utile de savoir si pour M. Debré. il s'agissait bien de « défense nationale » lorsque l'armée intervenait contre la Commune de Paris ou contre les grandes grèves du début du siècle, ou lorsqu'en 1968 M. de Gaulle allait, au plus fort de la crise, s'entretenir avec le général Massu des problèmes que l'on sait.

Tout le monde, dans tous les cas, s'est toujours défendu. Cortès au Mexique, les Anglais aux Indes, les Hollandais à Sumatra, Gallieni à Madagascar et Lyautey au Maroc, les Belges au Congo et Guillaume II en Belgique, les Japonais en Chine et M. Hitler en Pologne, les Américains au Viêt-nam et les Russes en Tchécoslovaquie. La notion de « défense » n'est rien d'autre, dans l'immense majorité des cas, qu'un éclatant hommage que le vice rend à la vertu.

Les scientifiques qui contribuent à la recherche militaire de leur pays, de même que beaucoup de ceux qui n'y collaborent pas directement, contribuent bien évidemment au développement de la puissance militaire, défensive et *offensive* de leur pays, et non pas seulement à sa défense nationale ; tout le reste est mystification. L'inventeur de la cybernétique, Norbert Wiener, nous parait avoir répondu pour l'éternité à l'argument « défense » lorsqu'il écrivit après Hiroshima les lignes suivantes :

> « L'expérience des scientifiques qui ont travaillé à la mise au point de la bombe atomique montre que, dans toute investigation de ce genre, le

---

d'autres reférences. Nous n'avons naturellement pas, et pour cause, consulté les archives du Quai d'Orsay.

scientifique finit par déposer une puissance illimitée entre les mains de ceux qui lui inspirent le moins confiance pour s'en servir. »

En écrivant ces lignes, Wiener pensait sans doute aux dirigeants américains de l'époque : l'idée que des scientifiques français pourraient, de leur côté, faire confiance aux successeurs de M. Bidault, du colonel Débes (Haiphong), de l'amiral Thierry d'Argenlieu, ou de M. Robert Lacoste, nous paraît sinistre et grotesque.

Quant aux spéculations sur l'état de servitude dans lequel se trouverait la France sans les scientifiques qui ont contribué à sa « défense », elles nous semblent parfaitement gratuites. Elles n'ont de toute façon de sens qu'à l'intérieur d'un cadre étroitement nationaliste. La théorie suivant laquelle « la Science n'a pas de patrie, mais le savant doit en avoir une » était déjà fortement réactionnaire à l'époque où M. Louis Pasteur conduisait ses normaliens à la messe le dimanche. Elle reposait sur une conception barrésienne des rapports franco-allemands qui ne pouvait conduire qu'à l'ossuaire de Douaumont, et aux culs-de-jatte de Georges Grosz. Elle ne peut nous mener, aujourd'hui, qu'au suicide nucléaire.

Improbable catastrophe ?

Depuis une dizaine d'années, les hommes disposent des engins – plusieurs milliers de fusées intercontinentales à têtes nucléaires – qui rendent techniquement possible la destruction complète de l'espèce humaine. La France ne joue bien entendu qu'un rôle très modeste dans cette partie. Elle se borne à édifier une « force de frappe » ruineuse qui renforce, parait-il sont prestige international, et lui permet d'occuper des techniciens qu'on serait, autrement, dans la triste obligation de reconvertir à des tâches productives : du point de vue militaire, celle-ci ne peut servir qu'en face d'un adversaire qui en serait dépourvu ; peut-être aussi à déclencher l'apocalypse américano-soviétique, avec la liberté, celle du Paradis, assurée pour 45 millions de Français. Dans ce qui suit, nous abandonnerons le point de vue français pour placer le problème sur son véritable terrain.

Il est naturellement difficile d'évaluer la probabilité d'un conflit nucléaire à grande échelle, dont la conséquence ultime serait vraisemblablement la disparition de l'espèce humaine, voire même de toute vie organique à la surface de la Terre. Certains la considèrent comme assez faible, invoquant la multiplicité des contrôles successifs qui empêchent le déclenchement accidentel d'une guerre nucléaire, ou la connaissance qu'ont les dirigeants des conséquences d'une telle catastrophe (conséquences dont les populations sont cependant très mal informées). D'autres invoquent le Fait que les prétendues nécessités de la « défense nationale » ne sont en réalité qu'un prétexte commode dont les divers groupes dirigeants se servent pour justifier l'accroissement illimité du contrôle qu'exerce le pouvoir central sur les masses et l'économie, et pour fournir à la production, grâce à un gaspillage illimité, des débouchés inépuisables. Si justes que puissent être ces considérations, elles ne nous rassurent pas pour autant.

Toutes les armes que l'on a fabriquées jusqu'à présent ont été effectivement utilisées, y compris les armes atomiques (la peste fait tout de même encore exception à la régie). Les chefs militaires et politiques américains et russes, ou même français, n'ont jamais fait mystère du fait que les armes de « dissuasion » n'avaient de sens que si l'on est décidé à s'en servir ; et tel semble bien être le fond de leur pensée. Nous rappelions plus haut les tripatouillages de M. Bidault à l'époque de Dien-Bien-Phu. Nous ne pouvons pas davantage oublier le fait que, jusqu'au sommet de la hiérarchie, il s'est trouvé à l'époque de la guerre froide, à supposer qu'elle soit terminée, de nombreux militaires, politiciens, businessmen et scientifiques américains pour préconiser des attaques atomiques « préventives » contre l'URSS et la Chine. Il s'en trouve actuellement pour préconiser l'emploi d'armes atomiques tactiques au Viêt-Nam ; et même si ces armes ne sont pas utilisées pour le moment, leur simple existence n'en constitue pas moins un bouclier à l'abri duquel la plus formidable machine de guerre de tous les temps peut écraser un peuple de paysans sans craindre

aucune intervention extérieure substantielle. On trouve des auteurs [2] pour noter qu'au moment de l'affaire des fusées à Cuba, le président Kennedy aurait évalué à 25 % la probabilité d'un échange nucléaire. Enfin, un biologiste bien connu [3] relate que, s'étant informé auprès d'un *political scientist* de Harvard de la probabilité actuelle d'une guerre nucléaire généralisée, se vit répondre que si la situation ne se modifiait pas de façon appréciable on pouvait l'évaluer à deux pour cent par an : une chance sur d'eux d'ici l'an 2000…

Tout cela montre assez bien que *l'utilisation éventuelle d'armes nucléaires n'est aucunement hors de question,* ni par suite l'extermination partielle ou même totale de la vie sur la Terre. S'agissant d'une telle perspective, il nous semble que la seule probabilité tolérable devrait être le zéro absolu. *Rien* ne peut justifier le risque, si faible soit-il, de l'arrêt irrévocable de l'extraordinaire processus d'évolution biologique qui se poursuit depuis trois milliards d'années, et dont nous commençons, depuis 150 ans seulement, à entrevoir l'histoire et certaines lois. *Rien* ne peut justifier le risque d'une suppression définitive des immenses potentialités de l'aventure humaine pour les innombrables générations appelées à nous succéder

La logique interne de la Mégamachine.

> « La guerre est la situation idéale pour faciliter l'assemblage de la Mégamachine ; et la méthode la plus sûre pour maintenir une unité fonctionnelle entre des composantes qui, autrement, resteraient autonomes ou semi-autonomes, est de perpétuer l'existence d'une menace de guerre. »

---

[2] John Platt, « What We Must Do », *Science*, 28 novembre 1969, p. 1116.

[3] Georges Wald, *A Generation in Search of a Future* (MIT, 4 mars 1969) ; le texte de ce discours a été, à l'époque, publié par de nombreux journaux américains, et est maintenant très répandu en Amérique.

La Mégamachine étudiée par Lewis Mumford[4] a pour caractéristique essentielle l'alliance organique des dirigeants de l'industrie, des chefs politiques et militaires, de la bureaucratie et de la caste scientifique, qui forment l'ossature permanente d'une extraordinaire concentration de pouvoir, derrière une façade plus ou moins démocratique, et sous le prétexte des prétendues nécessités de la défense nationale. Elle n'obéit qu'à sa propre finalité d'expansion automatique, et de maximisation des profits ou de la puissance, ignorant tout ce qui n'est pas traduisible dans son propre langage – par exemple les plus élémentaires réalités humaines ou écologiques, et même les réalités proprement arithmétiques liées au fait que la surface et les ressources de la terre sont limitées.

Ces caractéristiques essentielles sont pratiquement les mêmes en Amérique ou en URSS, où la Machine a atteint des dimensions et une efficacité maximales. Son fonctionnement repose sur la destruction, à un rythme qui s'accélère d'année en année, des ressources naturelles de la terre, s'accompagnant d'une augmentation irrésistible de la population mondiale, et d'un accroissement apparemment illimité de la pollution industrielle. Aucune solution technologique ne peut remédier à cet état de choses tant qu'on reste à l'intérieur de la logique de la Machine. Or presque tous en restent prisonniers : politiciens, industriels, militaires, scientifiques, ouvriers, employés, qu'ils soient révolutionnaires ou conservateurs, soumis que sont les uns et les autres à des conditionnements multiples mais aux effets concordants : recherche du profit, compétition économique ou politique, orgueil national, préjugés racistes, peur du potentiel militaire adverse, crainte de la répression, nécessité d'avoir un emploi, sentiment d'impuissance individuelle soigneusement entretenu par le système…

C'est la raison pour laquelle la machine, paradoxalement, semble échapper au contrôle humain, alors qu'elle permet une concentration de pouvoir sans précédent entre les mains de quelques-uns. Ses

[4] Lewis Mumford, *The Myth of the Machine : The Pentagon ot Power* (Harcourt, Brace, 1970).

perfectionnements mêmes, en augmentant son efficacité ne font qu'accélérer le processus de destruction dont elle est l'instrument, et rapprocher l'échéance. Ce n'est donc pas de là que peut venir le salut, ni de la croyance, répandue dans beaucoup de milieux scientifiques, que tout ce qui est techniquement faisable se fera, et donc doit se faire.

Servir la machine, ou servir la vie ?

Pour faire face à la situation et éviter, s'il en est encore temps, la catastrophe vers laquelle nous sommes lancés, il est clair qu'il ne suffira pas que de nombreux scientifiques refusent leur concours à la « défense nationale ». La survie de l'espèce ne pourra être reconquise que grâce à une *lutte* décidée et opiniâtre. Pour avoir des chances de succès, elle devra être *collective* et grouper, par-delà les frontières nationales, professionnelles ou même idéologiques, tous ceux qui ont pris conscience du problème et de son enjeu. Nous pensons que si cette lutte doit prendre de l'ampleur, les scientifiques auront un rôle important à y jouer, et qu'ils ne pourront y parvenir qu'en renonçant à leur rôle technocratique, pour lutter en commun avec le peuple pour un ordre social compatible avec les valeurs humaines essentielles, et avec la pérennité de la vie sur la terre. Nul ne peut prescrire ni prévoir aujourd'hui les formes que pourra prendre une telle lutte. A notre connaissance, aucun programme d'action ou stratégie d'action possible n'a encore été dégagé, qui s'appuierait sur une analyse d'ensemble, à l'échelle planétaire des nombreux facteurs écologiques, économiques, politiques, sociologiques, psychologiques, qui doivent être pris en considération. La pensée politique héritée du XIXe siècle est manifestement insuffisante pour faire face à la situation actuelle et un effort nouveau et considérable de réflexion théorique semble être l'une des tâches les plus urgentes. En raison de l'ampleur extraordinaire du problème un tel effort ne pourra sans doute aboutir à un programme praticable que s'il poursuivi par de nombreuses personnes disposées chacune à dépasser le cadre de sa spécialité particulière, et à affronter la réalité dans toute sa complexité. Nous pensons en particulier que la situation commencerait à changer si tous les scientifiques ayant conscience du problème y consacraient systématiquement ne serait-ce

qu'une partie de l'énergie qu'ils dépensent exclusivement, à l'heure actuelle, pour couper en quatre des variétés algébriques, des électrons, des chromosomes ou des états d'âme… On peut espérer qu'une véritable plate-forme pourrait alors se dégager, au cours de plusieurs années d'actions collectives et de réflexions confrontées.

Une tentative pour organiser, à une échelle internationale, une action en commun des scientifiques avec le peuple (les deux catégories n'étant pas. dans notre esprit, mutuellement disjointes…) a été lancée récemment par le mouvement *Survivre*. L'un de nous y consacre une part importante de son temps et de son énergie. La collaboration permanente ou occasionnelle avec ce mouvement, et notamment avec son journal mensuel *Survivre*, est l'une des multiples possibilités dont un scientifique dispose pour dépasser son rôle de serviteur de la Machine, et pour se faire, même très modestement, serviteur de la Vie. Si notre article incite quelque collègue à une initiative de ce genre. Il n'aura pas été écrit en vain.

Mentionnons enfin que le premier auteur de cet article tente actuellement d'organiser un groupe d'étude des rapports entre la science et la société dont le but serait de susciter parmi les scientifiques parisiens un intérêt pour ce genre de problèmes, et de rassembler dos Informations sérieuses. On souhaite vivement que le présent article incite les collaborateurs éventuels à se manifester, scientifiques ou non.

Roger Godement et Alexandre Grothendieck.

Tribune parue dans la revue *La Recherche* n°8, janvier 1971.

22 avril 1971

Mathématiciens (purs) ou putains (respectueuses) ?

Réponse à une invitation…

Chers Collègues,

Vous m'invitez à participer à une *1972 Summer School on Modular Functions* qui sera financée par l'OTAN. Je n'y participerai pas dans de telles conditions, et vous le savez parfaitement bien puisque je vous l'ai dit il y a déjà quelques mois.

Je ne suis à vendre à aucune espèce de militaire ; j'ai commis une fois dans ma vie (en 1965, à la *Boulder Conference on Algebraic Groups*) l'erreur de participer à une réunion financée, totalement ou en partie, par une organisation militaire, et je pense que c'est déjà beaucoup trop pour mon goût. Je ne vois aucune relation entre les fonctions modulaires et une institution telle que l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN). Si vous en voyez une, cela montre que les vertus éducatives des mathématiques sont vraiment très réduites, puisqu'on trouve partout dans le monde des dizaines de milliers d'étudiants de première année qui seraient en mesure de vous expliquer qu'un scientifique ne peut pas coopérer décemment, même et surtout pour la cause de la science, avec des gens dont la seule vocation scientifique est de transformer le progrès scientifique en armements. Je préférerais accepter de l'argent de nos maquereaux parisiens – ils ne tuent presque jamais personne –, ou de la branche américaine de la Maffia (puisqu'elle désire entrer dans les affaires

régulières, elle pourrait s'intéresser au financement de la théorie des fonctions modulaires, ne serait-ce que pour le prestige…).

J'observe aussi que, selon l'un d'entre vous qui me l'a fait savoir aujourd'hui après que je m'en sois enquis, le CNRS français qui, selon votre lettre, « ne peut pas financer » la réunion était néanmoins disposée à financer une affaire de huit jours. Si tel était le cas – je tente actuellement d'obtenir des informations plus détaillées –, alors le seul problème eût été de payer des frais de séjour aux participants pour une semaine de plus. Même s'il n'existait aucune autre source décente de crédits – ce que, si je comprends bien, vous n'avez pas vérifié complètement –, il m'est difficile de croire que les mathématiciens distingués que vous invitez, qui disposent presque tous de confortables salaires réguliers, ne pourraient pas séjourner une semaine à leurs propres frais dans un hôtel européen, au besoin de second ordre ; ou qu'ils font preuve d'un intérêt si mince pour le sujet qui est censé les fasciner, les fonctions modulaires, qu'ils rejetteraient d'emblée l'idée de dépenser une modeste somme d'argent afin d'être en mesure de se rencontrer pendant deux semaines (ne prennent-ils pas de vacances ?). Sommes-nous animés par la prétendue « éthique de la connaissance » comme le soutiennent tant de scientifiques, ou par un sens dénaturé de notre dignité qui nous conduirait à ne faire de mathématiques que si l'on nous paie intégralement nos frais de voyage, et de séjour dans un décor bourgeois, même si cela signifie qu'il faut mendier de l'argent à des organisations militaires qui ont tant fait afin de discréditer la science aux yeux de tant de gens ? Pouvez-vous imaginer Van Gogh disant qu'il ne peut pas peindre aussi longtemps qu'il n'obtiendra pas d'argent de l'OTAN ? Sommes-nous des intellectuels, ou des voyageurs de commerce ?

Je dois également dire que je trouve à tout le moins fort louche le fait que le comité d'organisation de cette *Summer School* ait comporté dès le départ trois mathématiciens travaillant en France et M. Kuyk. Je ne le connais pas personnellement, et en sais seulement que s'il n'a strictement rien à faire avec les fonctions modulaires il a,

par contre, déjà organisé à Anvers plusieurs réunions financées par l'OTAN. Cela rend assez probable que les organisateurs de la réunion savaient plus ou moins d'avance qu'ils s'adresseraient finalement à l'OTAN poux obtenir des crédits. Pas surprenant, dans ces conditions, que vous n'ayez pas réussi à obtenir tout à fait assez d'argent en vous adressant ailleurs !

Il me semble que les mathématiques – en tout cas les mathématiciens occidentaux et occidentalisés – sont dans une situation plutôt triste. La seule réunion sur les fonctions automorphes à laquelle j'ai participé (*Boulder*) était partiellement financée par la US Air Force (ou la Navy ?). En 1967, je fus invité à passer deux semaines à Princeton et à Philadelphie, mais plus de la moitié de l'argent provenait de l' Institute for Défense Analysis, de sorte qu'il me fallut dire à ceux qui m'invitaient que je préférais me contenter de la moitié des crédits qu'ils m'offraient (ce qui les conduisit aussitôt à combler la différence à l'aide de crédits universitaires "réguliers", dont plus de la moitié, à Princeton et sans doute aussi à Philadelphie, proviennent en fait de contrats militaires). L'an dernier, à Princeton, il me fallut refuser plusieurs invitations à des conférences à l'Institute for Defense (sic) Analysis, un *think-tank*, ou plutôt bordel, militaire dirigé par le général Maxwell D. Taylor (l'intérêt qu'il porte au progrès scientifique doit être d'une nature plutôt spéciale…), dont la branche mathématique (codage et décodage) se trouve située, curieusement, dans la capitale mathématique des États-Unis, et où un auditoire international s'attroupe de temps en temps, pour y déguster du thé et y écouter des conférences confortablement payées, dans les deux seules salles de la maison qui sont ouvertes aux personnes n'ayant pas subi une enquête de sécurité – cependant que quelques courageux étudiants locaux organisent des manifestations contre l'IDA et cherchent à l'expulser du campus de Princeton. Il me fallut ensuite décliner une invitation aux cérémonies inaugurales du nouveau bâtiment de Mathématiques de l'Université, où devaient parler une demi-douzaine de génies mathématiques provenant de tous les coins du monde (libre), parce que la chose était en partie financée par l'US Air Force. Ces cérémonies étaient suivies par un colloque de géométrie différentielle – mais il était

en partie financé par la US Navy. J'étais censé participer ensuite, au début d'avril, à l'Université de Maryland, à une réunion sur les fonctions de plusieurs variables complexes et les représentations de groupes ; heureusement je découvris par hasard que celle-ci était financée par la US Army (ils ne manquent pas d'imagination dans le choix de leurs bailleurs de fonds). On ne me proposa pas de contrat militaire pendant que j'étais à l'Institute for Advanced Study – je suppose qu'ils savaient que j'aurais pris le premier avion pour Paris –, mais la première chose que j'appris en arrivant là-bas fut qu'un de mes étudiants, qui avait suivi mon conseil d'aller passer quelque temps (en l'occurrence, deux années) à l'Institute, avait été payé principalement grâce à des contrats militaires, et que quantité d'autres membres temporaires (et peut-être permanents ?) de l'Institute étaient dans la même situation, sans parler du fait que le directeur de l'Institute, Mr. Karl Kaysen, avait été l'un des conseillers du président Kennedy et précisément, en dépit de toutes les autres possibilités, pour les questions de « *national security* ».

Je revins en France durant l'été, à temps pour apprendre que Grothendieck démissionnait de l'Institut des hautes études scientifiques parce qu'il avait découvert que cette estimable institution purement culturelle tirait une partie de ses fonds de sources militaires françaises, et qu'il était le seul membre permanent disposé à entreprendre quoi que ce soit à ce sujet. Je reçus à quelque temps de là votre première invitation à une école d'été sur les fonctions modulaires ; elle spécifiait déjà que la conférence serait subventionnée soit par le CNRS français, soit par l'OTAN, et je vous répondis aussitôt qu'en ce qui me concernait il n'y aurait pas d'OTAN. Puis j'appris, encore une fois par hasard, que le Comité des invitations du Congrès international des mathématiciens de Nice s'était donné pour président Mr. Adrian A. Albert, qui se trouve être non seulement le doyen de la Division des sciences physiques de l'Université de Chicago mais aussi l'un des administrateurs de l'Institute for Defense Analyses, de sorte qu'ils avaient choisi le seul mathématicien américain occupant une position réellement élevée à l'intérieur de la bureaucratie scientifico-militaire américaine contre laquelle des milliers d'étudiants se battaient

depuis plusieurs années. Les mathématiciens sont-ils totalement cyniques, ou simplement idiots ?

A titre de conclusion provisoire, il m'apparaît que bon nombre de gens, y compris vous-mêmes, n'éprouvent aucune gêne à l'idée de nous faire comprendre que si nous désirons faire des mathématiques, nous aurions intérêt à nous plier aux militaires. L'un d'entre vous, Messieurs, après une chaude discussion au sujet du mouvement *Survivre* de Grothendieck et d'autres appréciations critiques analogues du comportement actuel des scientifiques dans notre société, m'a écrit pour me dire que je devrais respecter le beau slogan américain pour lequel j'avais fait de la publicité dans le journal *Le Monde* durant le Congrès de Nice, « Faites l'amour, pas la guerre ». Apparemment il faudra lui faire comprendre que ce que ces jeunes Yankees veulent dire, ce n'est pas qu'il faut faire l'amour aux gens qui font la guerre ou s'y préparent, ni qu'en introduisant des mathématiques "pures" ou des mathématiciens "purs" quelque part on transforme un bordel en une église – on transforme simplement les mathématiciens "purs" en putains (peut-être respectueuses).

Si nous croyons que nous pouvons accepter l'argent de n'importe qui pour le profit des mathématiques et/ou de nos œuvres complètes, si nous nous comportons comme si nous étions d'accord avec les politiciens les plus corrompus, ceux qui pensent que la science et l'éducation sont simplement des branches de la Défense, comment pouvons-nous alors espérer regagner un jour le respect des jeunes ? ou de nous-mêmes ?

L'ultime preuve de sincérité pour un mathématicien est son consentement à renoncer à un peu de ses mathématiques, sans parler de son argent, afin d'adhérer à son propre code de morale (en supposant qu'il en a un, et qu'il ne se réduit pas à placer les mathématiques au-dessus de tout le reste). Votre invitation revient à me demander de faire exactement le contraire. Je sais parfaitement bien ce que j'y perdrai, mais je ne céderai pas. Je me bornerai à vous adresser mes remerciements les plus enthousiastes pour votre brillante idée d'organiser une conférence sur les Fonctions

modulaires dont vous saviez d'avance que je ne pourrais pas m'y rendre sans me trahir moi-même.

Roger Godement,
Professeur de mathématiques à l'Université Paris VII.
Paris, le 22 avril 1971.

Septembre 1975

Les sages, le secret et la politique scientifique française

En France comme dans beaucoup d'autres pays, les décisions les plus importantes qui affectent l'avenir de la « communauté » scientifique dans son ensemble ou des groupes spécialisés qui la composent sont prises, comme on le sait, par le pouvoir politique ou ses représentants après que des « comités consultatifs » en aient délibéré. Que ceux qui les composent soient élus par leurs pairs – ce qui est en partie le cas dans les commissions de base du CNRS – ou, partout ailleurs, nommés par le pouvoir, la caractéristique la plus frappante des travaux de ces comités est le secret, plus ou moins obligatoire et plus ou moins bien gardé suivant les cas, qui les entoure.

La doctrine officiellement adoptée par les commissions semble être, dans les meilleurs cas, que celles-ci n'ont pas à organiser la diffusion dans les milieux scientifiques, encore moins dans le public, d'informations sur leurs travaux : aux personnes curieuses de prendre l'initiative de les rechercher si elles le peuvent, c'est-à-dire, en fait, si elles disposent d'amis bien placés dans les comités. Le pouvoir gouvernemental, par contre, a droit, lui, par essence et par définition, aux informations les plus exhaustives, conformément aux traditions essentiellement démocratiques de la société scientifique, et s'il demande à telle ou telle commission de choisir cinq boursiers parmi trente candidats dont quinze seraient parfaitement valables, on peut, en règle générale, faire confiance à la commission pour

s'exécuter (c'est-à-dire pour exécuter dix des quinze candidats valables) sans rendre publiques les raisons de son action.

Le cas du Comité consultatif à la recherche scientifique et technique (CCRST, autrefois connu sous le nom de « Comité des douze sages »), fondé en 1959 au moment de la grande réorganisation de la recherche scientifique et technique par les gaullistes, est particulièrement flagrant, et d'autant plus qu'il s'agit de l'organisation la plus élevée dans la hiérarchie puisqu'elle prépare, avec l'aide de la DGRST, les décisions du comité interministériel (dont elle fait partie) qui choisit chaque année les grandes lignes de la politique française en matière de recherche. L'état d'esprit qui prévaut à l'intérieur du CCRST me paraît particulièrement bien exprimé par M. Cantacuzène, membre sortant du CCRST, qui, dans une lettre publiée dans le numéro de mars 1975 du mensuel *La Recherche*, et tout en fournissant quelques bribes d'informations sur une ou deux préoccupations récentes des Sages, croit devoir noter que « les membres du comité se sont toujours astreints au secret, ce qui est normal » pour, un peu plus loin, évoquer « d'autres propositions novatrices (touchant bien des domaines que je m'interdis de citer ici) ».

On pourrait évidemment ironiser sur l'emploi, par M. Cantacuzène, d'une tournure grammaticale suggérant que ce sont les Sages eux-mêmes qui s'imposent le secret, et non pas leurs employeurs qui l'exigent. Le vrai problème est de savoir si ce goût bien français et bien gaulliste du secret est aussi « normal » que veut bien le dire M. Cantacuzène. En l'occurrence, il signifie surtout que *les questions de politique scientifique et technique discutées par le CCRST sont une affaire privée entre les Sages et les dirigeants gouvernementaux*. Le public, y compris les scientifiques ordinaires, n'a rien à y voir et peut fort bien se contenter de consulter, s'il a la très rare chance de les trouver dans ses bibliothèques, les quelques pages de statistiques très… aérées que la DGRST consacre, au début de chaque année, dans *Le Progrès scientifique*, à ce que ces messieurs appellent l'enveloppe-recherche (sans doute pour nous faire oublier qu'elle oublie, entre autres, les crédits des Armées et de

l'Enseignement supérieur). Comme la plus récente des études d'ensemble des activités de R&D en France est relative à l'année 1969, et au surplus fort pauvre par comparaison avec les centaines de pages que la *National Science Foundation* américaine publie chaque année, et comme d'autre part, dans la France gaulliste et républicaine-indépendante, le Parlement ne brille pas par sa curiosité, on se demande qui pourrait être, actuellement, assez au courant des données de base de la politique scientifique française pour en discuter sérieusement ? Nous faisons bien entendu abstraction, ici, des Sages, de quelques ministres, et du quarteron bien connu d'universitaires, de polytechniciens et d'énarques qui dirigent la DGRST, la DRME, le CEA ou la Thomson-CSF ; on ose espérer – encore que leur politique ne le démontre pas de façon entièrement convaincante – que ces messieurs disposent, eux, de données d'ensemble à peu près valables…

Le problème que pose le caractère secret des délibérations du CCRST et d'autres organismes analogues n'est pas propre à la France. Même aux Etats-Unis, où l'on dispose, par comparaison, d'un flot gigantesque d'informations, l'un des leaders du mouvement de contestation de l'*establishment* scientifique américain, Charles Schwartz, un physicien du Radiation Laboratory de Berkeley, notait en juin 1970 que :

> « Le plus difficile lorsqu'on cherche à comprendre le fonctionnement du PSAC [le collège des conseillers scientifiques du président américain, analogue, à des détails près, au CCRST français], c'est de découvrir ce qu'il fait : tout est secret. […] L'argument qu'on avance pour justifier le présent état de choses consiste à dire que le président a droit aux meilleures informations scientifiques et que tout avis qu'on lui fournit est un service personnel qui doit rester confidentiel. On pourrait en être convaincu si le président était le roi. Mais il y a, dans notre société, une priorité supérieure, à savoir que les *citoyens* doivent disposer des meilleurs avis scientifiques. Il n'existe actuellement aucune institution disposant d'un prestige et de moyens équivalents à ceux du PSAC et qui conseillerait le Parlement et le public en matière scientifique. Les meilleurs experts sont enrôlés, avec droit de préemption, par le Pentagone et la Maison-Blanche, et lorsque le pouvoir politique désire

> ne pas tenir compte de leurs avis, il peut étouffer la voix des experts qui se trouvent *à l'intérieur* du système gouvernemental et présenter alors les experts *extérieurs* comme autant d'ignares vaseux [*fuzzy-headed know-nothings*]. »

Si ces lignes, que nous extrayons d'un intéressant recueil de documents [1], sont peut-être pessimistes *pour l'Amérique*, où le Congrès dispose dans ce domaine, depuis 1945 au moins, de moyens d'investigation très étendus et publie régulièrement des centaines ou milliers de pages de documents qu'on ne trouve d'ailleurs pas dans nos bibliothèques, scientifiques ou autres, elles pourraient, par contre, s'appliquer assez exactement à la situation française et fournir un excellent sujet de méditation à M. Cantacuzène et à ses collègues du CCRST.

Les priorités de la politique française

Il nous semble difficile de comprendre l'action du CCRST et en particulier son caractère secret sans examiner tout d'abord ses résultats et principalement les priorités relatives que la politique conseillée par les Sages attribue aux différents secteurs de l'activité scientifique et technique. Dans cet ordre d'idées, la constatation fondamentale, et fort banale, est que depuis 1958 (au moins…) c'est le secteur des sciences physiques et des techniques connexes qui a reçu l'immense majorité des moyens financiers et même humains que nos gouvernants ont attribués aux activités de recherche et développement. Ce n'est pas seulement vrai dans le secteur militaire – tout le monde peut comprendre pourquoi les Armées, en France ou en Patagonie, s'intéressent davantage à la physique qu'à la médecine ou à l'Histoire –, ce l'est aussi dans les secteurs « civils » couverts par l'enveloppe-recherche sur laquelle les Sages exercent leur influence. Comme du reste les sciences physiques et les techniques qui en dépendent conditionnent le progrès des industries « de pointe »

[1] J.L. Penick et all., *The Politics of American Science, 1939 to the Present,* MIT Press, 1972.

(atome, électronique, informatique, aéronautique) et des industries d'armement qui ne diffèrent pas essentiellement des précédentes, les distinctions entre le « civil » et le « militaire » sont, dans ces domaines, assez subtiles. On y reviendra plus loin.

On peut facilement mettre en évidence cette priorité des sciences physiques à l'aide de quelques statistiques, dans la mesure où les statistiques françaises existent ou sont publiques ; des comparaisons avec la situation américaine éclaireront le problème. En 1968, sur une aide gouvernementale de 2 500 MF à la R&D des entreprises, 66 % allaient au secteur aérospatial (55 % en 1969 aux Etats-Unis), 20 % au secteur électrique (28,2 % aux Etats-Unis) et 6 % aux constructions mécaniques (4,8 % aux Etats-Unis) ; les autres secteurs de l'industrie : automobile, chimie, textile, pharmacie, industries agricoles et alimentaires, etc., se partageaient, si l'on ose dire, le reste ; le sinistre « modèle américain » était, sur ce plan, assez bien imité en France. Dans le secteur de l'Etat (CEA, CNES, INRA, CNET, INSERM, directions militaires, etc.), qui avait dépensé 4 218 MF en opérations internes de recherche et développement, les « sciences de l'ingénieur » avaient perçu, à elles seules, 2 040 MF, le secteur biologie, médecine, agronomie 518, et les sciences sociales 86 ; tout le reste allait aux sciences physiques et à une rubrique « moyens lourds ». Dans ce secteur, la comparaison avec l'Amérique est difficile, les statistiques américaines ne fournissant, pour le secteur fédéral, qui avait dépensé 4 165 millions de dollars en 1971 en opérations internes de R&D, que la répartition de ces sommes entre les diverses branches de l'administration (2 200 pour le Department of Defense et 909 pour la NASA par exemple). La ressemblance avec le « modèle américain » cesse complètement dans le secteur universitaire. Sur un total de 1 530 MF dépensés dans l'enseignement supérieur français (CNRS exclu), les sciences de la vie – biologie, médecine, pharmacie – n'avaient dépensé que 474 MF [2], alors que dans les collèges et universités américains elles avaient dépensé 940 millions de dollars (en 1968) sur un total de 2 011

---

[2] "Les moyens consacrés par la France à la recherche et au développement en 1968", numéro spécial du *Progrès scientifique*.

millions de crédits, publics ou privés, pour la recherche de base (auxquels il faudrait peut-être, pour la comparaison, ôter 270 millions attribués à l'*engineering*, secteur qui n'existe pas dans les universités françaises). Même en se limitant à la contribution *fédérale* aux dépenses de recherche dans les universités américaines, on constate qu'avec 584 millions sur 1 251 les sciences de la vie recevaient 47 % du total [3] (ou 55 % si l'on ôte du total les 181 millions attribués à l'*engineering*) contre 29 % en France. Si l'on examine les crédits que l'enveloppe-recherche attribue à la « recherche de base » en 1973, on constate que sur un total de 1 319,315 MF, les sciences de la vie ont obtenu 134,424 MF, soit 10,2 % du total, et les sciences de l'homme 18,381 MF, soit 1,5 % [4] ; la même année, et selon les prévisions publiées en 1972 par la NSF, le gouvernement fédéral américain aurait dû attribuer aux sciences de la vie 814 millions de dollars sur un total de 2 604 attribués à la recherche de base, soit 31 %, et 168 aux sciences sociales et à la psychologie, soit près de 6,5 % [5] (en 1967, la médecine et la biologie recevaient déjà 27 %, les sciences sociales et la psychologie 6,9 % de tous les crédits fédéraux pour la recherche fondamentale ; voir par exemple le rapport bien connu de l'OCDE sur la politique scientifique américaine, p. 538). Il est vrai que les statistiques américaines englobent tous les crédits gouvernementaux, tandis que l'enveloppe-recherche oublie d'envelopper les crédits des Armées, ceux de la Direction des enseignements supérieurs et ceux des grands programmes aéronautiques civils (qui ne doivent pas énormément contribuer au développement de la biologie ou des sciences sociales, non plus que les crédits militaires), ce qui rend les comparaisons quelque peu aléatoires ; mais qui interdit à la DGRST de publier chaque année, comme la NSF le fait depuis longtemps, des statistiques décentes ? Les experts de l'OCDE, pour leur part, constatent ou

[3] *Science Indicators,* 1972, Report of the National Science Board, 1973, US Government Printing Office, p. 118 et 119.

[4] *Le Progrès scientifique*, n°168, janvier-février 1974.

[5] *Federal Funds for Research, Development, and Other Scientific Activities,* Fiscal Years 1971, 1972 and 1973, National Science Foundation, publication NSF 72-317, table C-35, p. 99.

estiment qu'en 1971 la part de la recherche médicale dans le financement public de la R&D était de 4,8 % en France, 9,0 % au moins aux Etats-Unis, 12,1 % en Allemagne et 15,0 % au Japon [6].

Des disparités curieuses au niveau des personnels

D'après l'enquête de la DGRST citée plus haut (p. 73), on comptait 13 935 chercheurs et ingénieurs (en « équivalents plein temps », notion dont la définition exacte ne nous est pas fournie) travaillant dans les établissements de l'enseignement supérieur (CNRS exclu, bien qu'une appréciable proportion de ces chercheurs en dépende). Ils se répartissaient comme suit : 1 040 personnes en mathématiques, 5 365 dans les sciences physiques (dont 2 330 en physique, 1 855 en chimie, 720 dans les sciences de la terre, etc.), 4 855 dans les sciences de la vie (dont 1 965 en biologie et 2 425 en médecine) et 2 675 en sciences sociales et humaines, secteur dans lequel la DGRST se borne à fournir un chiffre global sans plus d'explications. Aux Etats-Unis, en 1969, les collèges et universités employaient au total 22 495 *scientists and engineers* en mathématiques, 33 698 dans les sciences physiques au sens large (dont 11 766 physiciens, 14 201 chimistes et 5 549 spécialistes des sciences de la terre), 25 387 en *engineering*, rubrique absente des universités françaises, 82 056 dans les sciences de la vie (29 257 en biologie et 52 799 en médecine) et 67 397 dans les sciences sociales (dont 14 780 psychologues, 10 402 économistes, 14 427 historiens, 9 451 sociologues, etc.) ; il s'agit là d'effectifs réels, dont 20 % environ d'employés à temps partiel [7], en sorte que les critères utilisés par la DGRST et la NSF pour établir leurs statistiques ne sont sûrement pas exactement les mêmes. Il ne faut donc sans doute pas attribuer une valeur absolue aux rapports obtenus : 1/22 en

---

[6] *Profils des ressources consacrées à la recherche et au développement expérimental dans la zone OCDE, 1963-1971,* publication non publiée SPT (74) 12 de l'OCDE, p. 33.

[7] *Resources for Scientific Activities at Universities and Collèges*, 1971, publication NSF 72-315, table B-3, p. 28.

mathématiques, 1/6 dans les sciences physiques (ou 1/11 si l'on englobe l'*engineering* dans les sciences physiques, hypothèse excessivement bienveillante pour la politique française…), 1/17 dans le secteur bio-médical et 1/25 dans les sciences sociales (dont la définition, en France, est plus large qu'aux Etats-Unis, où il faudrait tenir compte en outre des *humanities*). Ce qui se dégage réellement de ces comparaisons, c'est que les sciences physiques sont *le seul* secteur où les effectifs français se comparent honorablement aux effectifs américains, et comme les sciences sociales et surtout le secteur bio-médical bénéficient, aux États-Unis, de crédits fortement croissants depuis plusieurs années, il est certain qu'une comparaison portant sur les effectifs français et américains en 1974 par exemple renforcerait cette conclusion. Évidemment, les biologistes, les médecins et les sociologues ne sont pas très utiles s'il s'agit de fabriquer des Mirages, des centrales nucléaires, des ordinateurs ou des radars, et puisque les biologistes, les médecins et même les *social scientists* américains travaillent pour nous, voyez Robert Paxton, Stanley Hoffman, Robert Gilpin, Eugen Weber et l'industrie pharmaceutique, pourquoi les gouvernants français devraient-ils financer ces activités dont l'intérêt est nul ou négligeable (voire même négatif dans certains secteurs contestataires des sciences sociales) du point de vue de la puissance économique et militaire française ?

Les effets de cette politique, naturellement aggravés par l'arrêt subit des créations de postes après 1968, se font sentir *même* dans un établissement comme l'Ecole normale supérieure de la rue d'Ulm, théoriquement l'institution la plus sélective de l'université française et dont la vocation – former des chercheurs et des enseignants de niveau maximal – devrait être d'autant plus facile à remplir que ses effectifs, une centaine d'admis chaque année au total, sont ridiculement restreints si on les compare à ceux d'institutions étrangères tout aussi distinguées, Harvard ou Oxford par exemple. Dans la promotion 1969, sur une cinquantaine d'élèves « littéraires », 7 ont obtenu des postes d'assistants dans des universités et 6 des bourses de recherche (dont 2 seulement du CNRS) qui leur permettront de se lancer dans une entreprise intellectuelle valable ;

28 au moins enseignent en province dans des lycées ou CES ; dans la promotion 1970 (où 11 élèves sont, en mai 1975, à l'école et 5 au service militaire), on compte 1 (un) poste d'assistant, 0 (zéro) boursier de recherche, et 21 stagiaires d'agrégation – cela vaut bien un Ph.D. américain, non ? – qui se retrouveront en septembre dans un lycée ou un CES ; il y a aussi 4 élèves qui ont eu la chance d'obtenir des bourses privées ou américaines pour aller à l'étranger (le gouvernement français, qui est en mesure de proposer aux plus brillants normaliens dix-sept heures de cours au CES de Ligny-en-Barrois, dont la bibliothèque est réputée dans le monde entier, ne gaspille évidemment pas l'argent des contribuables pour offrir à ces jeunes gens l'occasion d'aller se perfectionner à l'étranger).

On appréciera l'aspect burlesque, ou scandaleux, de la situation de ces *cinquante* étudiants français sélectionnés à la suite d'un concours féroce, en tenant compte du fait qu'en 1971 l'Amérique a formé, dans le seul secteur des sciences sociales, 4 348 titulaires du Ph.D. (plus 4 746 dans les sciences de la vie, qui occupent une douzaine de normaliens dans chaque promotion, 4 391 dans les sciences physiques, 1 327 en mathématiques, et environ 30 000 au total) ; à quoi l'on peut ajouter que si un normalien qui aboutit dans l'enseignement secondaire a bénéficié, au total, de 6 à 8 années au grand maximum d'études universitaires plus ou moins fantaisistes (dont une année de préparation à l'agrégation…), la préparation d'un Ph.D. en exige en moyenne de 9 à 11 suivant les branches [8] et transforme en véritables scientifiques ou chercheurs des centaines ou milliers de jeunes Américains *du niveau de la rue d'Ulm* qui l'entreprennent. On verra peut-être un jour Harvard envoyer ses meilleurs *graduate students* enseigner l'anglais ou la botanique dans les *junior high schools* du Nevada ou, en France, l'ENA (vers laquelle se dirigent de plus en plus d'élèves « littéraires » de la rue d'Ulm qui, de ce fait, se mettent ainsi au service de ceux-là même qui, par leur politique rétrograde, leur refusent les moyens d'une carrière intellectuelle) produire les historiens, les sociologues ou les linguistes

[8] Pour ces données sur l'Amérique, voir *Science Indicators, 1972,* tables 46 a et 51.

de premier plan auxquels l'Ecole normale, et plus généralement l'Université, est incapable d'assurer une formation complète et un poste décent à la sortie.

La situation des élèves scientifiques (55 par promotion environ) est naturellement meilleure. Jusqu'à maintenant, presque tous ceux qui le désiraient, en mathématiques et dans les sciences physiques, pouvaient sortir dans l'enseignement supérieur ou la recherche, ou, dans l'enseignement secondaire, se voir confier une classe préparatoire aux « grandes écoles ». Sur 47 élèves de la promotion 1969 dont l'administration de la rue d'Ulm a retrouvé la trace récemment, on ne compte que 11 personnes dans l'enseignement secondaire. Parmi celles-ci figurent toutefois quatre ou cinq biologistes (l'administration de l'école ne semble pas en mesure de préciser davantage…) sur une douzaine d'élèves ayant choisi cette spécialité. L'enseignement supérieur a fourni aux biologistes de la promotion 1969 exactement *deux* postes : ils se trouvaient tous deux à la rue d'Ulm elle-même ! En 1972, les vraies universités américaines (celles qui préparent au Ph.D.) employaient, en équivalent plein-temps, 20 100 scientifiques et ingénieurs dans les sciences biologiques (médecine clinique exclue). Sommes-nous au Congo ?

Les Sages sont-ils d'accord ?

Les données précédentes, qui traduisent une conception quasiment poujadiste de l'activité scientifique et plus généralement intellectuelle, ne sont évidemment pas de nature à éclairer d'un jour très favorable l'action du CCRST dans l'hypothèse où les Sages auraient effectivement eu une influence appréciable sur la politique scientifique gouvernementale. Il se pourrait, assurément, que cette conception se soit en fait développée contre leurs avis : comment le savoir si tout est secret ? Et si tel était le cas, qu'auraient-ils pu perdre en le faisant savoir *urbi et orbi* ? Passe encore pour des ingénieurs de l'Armement ou de la CSF, habitués à se taire et à obéir, mais des universitaires ? Excès de timidité ? Désir de ne pas gêner un pouvoir par essence respectable même lorsqu'il transforme le progrès

scientifique et technique en gadgets pour futurs crimes de guerre, abandonne la recherche biomédicale à la charité publique et envoie ses plus brillants étudiants en lettres, en histoire ou en philosophie perdre leur temps dans les déserts culturels d'un enseignement secondaire qui leur éteindra l'esprit ?

Comme on le sait, et indépendamment de la question, à notre avis beaucoup plus importante, du *choix des priorités* à l'intérieur de la politique scientifique, les effets de la crise du recrutement des nouveaux chercheurs que l'on observe depuis 1969 se font sentir même dans les disciplines autrefois les plus favorisées. A la rue d'Ulm par exemple, où la direction déploie des efforts herculéens pour alerter l'opinion et les pouvoirs publics et trouver de nouveaux « débouchés » pour ses élèves, on en est déjà à en rechercher, pour les mathématiciens et les physiciens, dans les services d'informatique de l'EDF, dans le corps des Mines et dans les Télécommunications, en attendant l'Armement qui, on le sait, recrute difficilement dans une Ecole polytechnique où les idées des élèves ne sont plus ce qu'elles étaient. On ne peut donc pas exclure, sur le plan de l'arrêt de *l'expansion* scientifique, un certain désaccord entre des Sages qui ont fait don de leurs personnes à la science et à la technologie (et, parfois, à leurs retombées financières) et un pouvoir qui, tout en ayant fort probablement leur agrément sur un plan plus général, pratique actuellement, en matière scientifique, une politique d'austérité excessive. Il est toutefois peu probable que ce désaccord, s'il existe, porte vraiment sur le choix des priorités à l'intérieur de la politique scientifique (sciences physiques et engineering contre secteur biomédical par exemple), et cette hypothèse, si elle était vérifiée, contribuerait grandement à nous faire comprendre le curieux goût des Sages pour un secret qu'ils trouvent « normal ». Encore une fois, en effet, les Sages ne sont pas tirés au sort ; on peut imaginer qu'ils sont choisis en fonction de leurs compétences *et* de la confiance qu'ils peuvent inspirer à un pouvoir qui n'a pas la réputation de peupler ses conseils de représentants de l'opposition. Un examen de leurs raisons sociales permet au reste quelques intéressantes constatations.

Pour m'en tenir à celui qu'a connu M. Cantacuzène lorsqu'il y est entré, et dont par exemple *Le Monde* du 25 avril 1971 donnait la composition, j'y relève tout d'abord les noms de MM. Roger Chevalier et Robert Dautray.

Le premier, en 1971 directeur technique général à la SNIAS, y a maintenant pris « la responsabilité de la division des engins tactiques, balistiques et de l'espace » (*Le Monde*, 21 décembre 1973) ; c'est donc, charmante occupation, l'ingénieur en chef des fusées stratégiques. Ingénieur général de l'Air, il fut autrefois, pour sa participation au lancement de la fusée *Diamant* dérivée des missiles militaires de la SEREB, décoré de la Légion d'honneur par le général de Gaulle, qui lui remit en personne la cravate de commandeur en présence, notamment, et pour bien marquer sans doute le caractère « civil » de l'Espace, du ministre des Armées et du délégué ministériel à l'Armement (*Le Monde*, 2 janvier 1966). J'ignore si M. Chevalier est très opposé au développement des « gadgets » auxquels nous faisions allusion plus haut et s'il estime qu'il vaudrait mieux donner la priorité à la médecine : on ne parle guère pour le public, comme on le sait, dans le milieu des polytechniciens de l'armement.

M. Robert Dautray, quant à lui, n'est rien de moins que le directeur scientifique de la Division des applications militaires du CEA ; charmante occupation, ici encore. Il a, si mes informations sont exactes, joué un rôle décisif à une certaine époque dans le déblocage du programme atomique militaire, et en outre beaucoup aidé à la mise au point du réacteur sous- marin et de Pierrelatte ; il s'occupe aussi – ne pas confondre le civil et le militaire – du réacteur à haut flux de l'université de Grenoble. Les brillants travaux de physique de cet ancien major de l'X lui ont valu, en juin 1974, l'un des principaux prix de l'Académie des sciences. Notons en passant qu'elle avait déjà, il y a quelques années, partagé un prix d'astronautique – strictement civile – entre MM. Chevalier, von Braun et une troisième personne et qu'elle a de même récompensé, en décembre 1974, M. Contensou, directeur de l'ONERA au ministère des Armées. Finiront-ils peut-

être par statufier les inventeurs de l'ypérite, du napalm, des gaz binaires, des défoliants et des *smart bombs* ?

A côté de ces deux humanistes peut-être un peu trop voyants et du directeur des études et recherches de l'EDF, M. A. Dejou, on trouvait d'autre part au CCRST trois représentants de l'industrie privée : MM. C. Dugas, directeur scientifique a la Thomson-CSF, G. Maire, directeur des recherches à la société Péchiney- Saint-Gobain et M. Le Maignan, président de la Compagnie française des pétroles, métropole. On sait qu'avec MM. Maurice Ponte et André Danzin, la CSF puis la Thomson-CSF s'est arrangée pour siéger de façon pratiquement permanente au CCRST depuis sa fondation. Cinquante pour cent au moins de son chiffre d'affaires total (et bien davantage peut-être si l'on se borne à la branche « professionnelle », la plus avancée scientifiquement et techniquement) provient de fournitures militaires. Elle vient de nommer directeur technique général un universitaire bien connu, M. Pierre Aigrain, qui a, depuis 1959, assuré successivement la direction scientifique de la DRME au ministère des Armées, puis la direction des Enseignements supérieurs, et enfin celle de la DGRST et qui s'emploie aussi actuellement, à la demande de M. Giscard d'Estaing, à réformer l'Académie (peut-être va-t-il lui interdire de récompenser les travaux scientifiques à finalité militaire?) : belle carrière pluridisciplinaire s'il en fût jamais. On prétend – mais bien sûr la documentation ne sort pas des ministères qui la détiennent – que la Thomson-CSF est la première entreprise privée française par l'importance des fonds publics qu'elle reçoit régulièrement, sous une dizaine de rubriques différentes, au titre de l'aide à la recherche et au développement. Sans être aussi compromise – ce serait difficile ? – que la Thomson dans les fournitures militaires, la situation de Pechiney-Saint-Gobain n'est pas très différente ; il s'agit, ici encore, d'une présence quasiment permanente dans les conseils scientifiques les plus élevés, et l'on sait l'influence que le directeur scientifique de Saint-Gobain, M. Pierre Piganiol, premier patron de la DGRST, exerça sur la formation de la politique scientifique gaulliste.

A côté de ces six représentants du secteur de l'Etat et des entreprises privées, probablement peu intéressés par le secteur biomédical et les sciences sociales, on trouvait au CCRST six scientifiques proprement dits : MM. Pierre Bauchet (sciences sociales, CNRS), Joseph Bergerard (biologie, Orsay), Jean Cantacuzène (chimie, Paris VI), Jacques Lions (mathématiques et analyse numérique, maintenant au Collège de France, à l'Ecole polytechnique et à l'IRIA), Georges Mathé (Institut du cancer à Villejuif) et Jean Samaille (médecine, Lille). En dépit de la présence au CCRST de trois spécialistes des sciences de la vie et du fait que « la biologie a été développée en harmonie avec la priorité accordée par ailleurs à la recherche médicale et à la recherche agronomique », comme le prétend le n°168 du *Progrès scientifique* consacré à l'enveloppe-recherche pour 1974, on note que la part de la biologie fondamentale dans les crédits de l'enveloppe-recherche accordés à la recherche de base est passée d'un peu *moins* de 10 % en 1970 (92 MF sur 958) à un peu *plus* de 10 % en 1974 (157 MF sur 1463), ce qui ne constitue pas un succès très voyant… Quant aux crédits attribués à une recherche médicale qui jouirait d'une prétendue « priorité », il est rigoureusement impossible de les deviner, la rubrique en question étant absente des 22 tableaux statistiques que comporte l'article en question ; il semblerait qu'elle se soit manifestée – d'une manière excessivement relative – par quelques dizaines de postes nouveaux à l'INSERM, contre zéro presque partout ailleurs. Au royaume des aveugles…

Et les aspects militaires ?

Il est évidemment instructif d'apprendre, de la plume de M. Cantacuzène, qu'un sujet tel que l'âge de la retraite des universitaires est considéré par les universitaires du CCRST comme pouvant donner lieu à des discussions légitimes et valables en compagnie du président de la CFP, du directeur scientifique de la DAM du CEA et de l'ingénieur en chef des fusées stratégiques ; pourquoi pas, après tout ? Peut-être chargera-t-on un jour le Comité consultatif des universités de présenter des « propositions radicales sinon

novatrices », pour nous exprimer comme M. Cantacuzène, relatives à l'âge de la retraite des ingénieurs de l'armement ou des PDG de l'industrie ? Compte tenu de la composition du comité, il n'en est que plus regrettable que la lettre de M. Cantacuzène ne fasse aucune allusion aux aspects militaires de la politique scientifique française ; le secret est, ici encore, bien commode.

Depuis 1959 au moins (la IVe République n'était pas, proportionnellement, beaucoup plus civilisée sous ce rapport que la Ve), ces aspects militaires ont toujours absorbé entre 55 et 30 % des crédits publics attribués à la R et D. En outre, et abstraction faite de leurs conséquences à long terme – on espère que les Sages, et non pas seulement MM. Chevalier et Dautray, sont au courant de la littérature spécialisée japonaise et américaine… –, il est bien connu que la militarisation constante, depuis 1939, du progrès scientifique et technique est dès maintenant en grande partie à l'origine du discrédit dont les études scientifiques, dans le secteur responsable, bénéficient auprès d'une grande partie d'une jeunesse occidentale qui n'entretient pas, sur ce point, les mêmes idées que nos deux bienfaiteurs de l'humanité.

La DGRST elle- même, sous la plume de M. Staropoli, a fini par découvrir, en 1975 après Jésus-Christ, qu'aux Etats-Unis « la science s'est trouvée prise pour cible, d'abord à cause de son engagement dans l'appareil militaire » (*La Recherche*, mars 1975, p. 241). Il serait trop long d'énumérer ici tous les scientifiques – Léonard de Vinci, Tartaglia, Napier, Joule, Einstein, Rutherford, Max Born, Niels Bohr, Norbert Wiener, etc. – qui, au cours de l'histoire, ont manifesté d'une façon ou d'une autre leur répugnance ou leurs drames de conscience à l'égard d'utilisations militaires qu'ils percevaient comme barbares et monstrueuses. Tout indique que la question des applications militaires du progrès scientifique et technique est posée depuis longtemps et qu'elle se pose d'une façon particulièrement aiguë à notre époque. Si l'on en juge par les réactions provoquées par les déchaînements technologiques américains au Vietnam, on est en droit de se demander – même si l'on est assez cynique pour négliger

l'aspect moral du problème – si ce n'est pas de là que viendront, dans l'avenir, les coups d'arrêt les plus brutaux et les plus justifiés au développement scientifique.

Il n'en est que plus surprenant de voir les Sages laisser soigneusement de côté ces questions. Deux collègues que j'ai consultés il y a déjà quelque temps m'ont répondu, conformément aux théories officielles, et apparemment pour s'en excuser, que l'on ne discute pas des aspects militaires de la politique scientifique au CCRST. L'idée semblerait être que les Sages ne sauraient être rendus responsables d'une politique sur laquelle ils ne sont pas consultés ; singulière conception de la « responsabilité » pour des personnes qui évoluent à un niveau gouvernemental aussi élevé. Dans son rapport, déjà ancien, sur la politique scientifique française, l'OCDE s'exprimait avec plus de prudence :

> « Il (le CCRST) peut soit être consulté par le gouvernement, soit prendre lui-même l'initiative d'étudier un problème et d'en faire rapport au Premier ministre ou au comité interministériel. Jusqu'à présent, il n'a pas été consulté sur les problèmes scientifiques intéressant la défense. » (p. 25)

Apparemment, à l'époque du rapport en question (publié en 1966), il n'avait pas non plus encore pris sur lui-même de les étudier, encore moins de les soulever. On aimerait savoir si le CCRST les a découverts depuis ? Ils doivent bien lire les journaux…

De toute façon, le comité interministériel au sein duquel siège le CCRST et qui prépare chaque année les décisions du conseil des ministres en matière de politique scientifique et technique a toujours compris le ministre des Armées. Le décret de réorganisation de la DGRST, publié dans le n°173 du *Progrès scientifique*, prévoit explicitement un fonctionnaire chargé des relations avec les Armées. Les « actions concertées » organisées par la DGRST peuvent fort bien être inspirées par la DRME ou entreprises en liaison avec elle. C'était par exemple le cas, vers 1967, de l'action concertée « calculateurs » dont le comité scientifique, de seize membres, présidé par M. Lucien Malavard (ancien directeur de la DRME et de l'ONERA), comprenait

cinq ingénieurs militaires, ainsi que M. Robert Galley (à l'époque délégué à l'informatique après avoir dirigé la construction de Marcoule et de Pierrelatte), les chefs des centres de calcul du CEA et du CNES, organismes dont les liaisons militaires sont pour le moins évidentes, et quatre universitaires (dont M. Lions, qu'on retrouve aux Sages après 1971). Enfin, et comme la liste des membres du CCRST pour 1971 le démontre à souhait, le pouvoir est en droit d'y nommer des ingénieurs militaires ou des représentants d'industries compromises jusqu'au cou dans les activités militaires.

Résumer la situation en écrivant, comme un Sage que nous félicitions de sa nomination, que :

{Comité des « Sages »} & {Organismes militaires} = 0

C'est peut-être pousser la formalisation mathématique un peu trop loin…

Au reste, même et surtout si les Sages ne discutent pas des aspects militaires de la politique scientifique – et comment le vérifier alors que leurs délibérations sont secrètes ? –, on est en droit de leur poser quelques questions. Pourquoi les Sages qui ne sont pas d'accord – s'ils existent – refusent-ils apparemment de manifester publiquement leur désaccord ? Pourquoi les Sages acceptent-ils de se prêter à des discussions sur la politique scientifique et technique tout en sachant que l'on refuse – si toutefois l'on refuse – de leur fournir des informations et de prendre leurs avis sur l'aspect de très loin le plus coûteux et le plus controversé de cette politique ? Comment les Sages procèdent-ils, dans les domaines à forte composante militaire (atome, informatique, espace, laser, aéronautique, etc.), pour éviter des doubles emplois entre les programmes civils qu'ils organisent et les programmes militaires qu'ils ne contrôlent pas ? Comment ceux qui ne sont pas d'accord – s'ils existent – peuvent-ils accepter la présence parmi eux de personnalités dont l'activité se situe intégralement ou principalement dans le domaine interdit et qui peuvent de ce fait influencer clandestinement – si toutefois la chose est clandestine – les avis du comité dans les directions qui favoriseront le développement du domaine en question ?

Existe-t-il une « communauté » scientifique ?

Il est difficile de conclure sans mentionner un autre aspect de l'activité des Sages (du moins, de ceux d'entre eux qui sont censés appartenir à la « communauté » scientifique, à laquelle la Compagnie française des pétroles et la SNIAS ne sont pas liées). Qui représentent-ils d'autre qu'eux-mêmes puisqu'ils sont *nommés ?* Qui consultent-ils, sinon leurs amis et/ou les membres, presque toujours nommés eux aussi, d'autres comités, puisque aucun moyen de communication systématique n'est apparemment prévu entre le comité et la « communauté » scientifique française ? Au reste, comment pourrait-on parler d'une telle « communauté » alors que des décisions fondamentales, qui engagent son avenir et sa réputation, sont préparées dans le secret par des dirigeants ou employés de l'industrie privée, des ingénieurs plus ou moins militaires et quelques scientifiques choisis par le pouvoir et qui savent bien que le choix des priorités gouvernementales – on peut *aussi* politiser une situation par la droite – ne peut que provoquer, au sens où l'on fait de la provocation, des réactions violentes dans une partie appréciable de la « communauté » en question ?

Comme Robert Gilpin, dans *La Science et l'État en France,* l'écrit fort justement :

> « Contrairement à l'opinion souvent exprimée par les savants que la science peut être, en tant que communauté internationale à la poursuite de la vérité, une grande force d'entente internationale, la France et un nombre de plus en plus grand de nations agissent selon l'hypothèse inverse. L'esprit universaliste de la science ne gagne pas la politique ; au contraire, la science prend un caractère national et devient un instrument de l'État-nation. » (p. 360)

Nous n'aurons naturellement pas la naïveté de supposer qu'un comité composé comme on l'a dit plus haut pourrait avoir l'idée de développer les aspects internationalistes de l'activité scientifique aux dépens de ses aspects nationalistes. Les dirigeants de l'industrie et les

ingénieurs de l'État ne sont pas réputés pour leurs vues « radicales sinon novatrices » sur ce terrain, et ni en France ni ailleurs ces milieux ne semblent avoir fait beaucoup de progrès depuis la découverte de la « science » par les chefs de l'Allemagne impériale. Mais que viennent alors faire dans cette galère des scientifiques dont on pourrait espérer qu'ils ont davantage réfléchi à ces problèmes, et autrement, qu'un vendeur de gas-oil ou un fabricant de fusées ? Et comment pourraient-ils espérer que la « communauté » scientifique ne les tiendra pas pour solidaires d'une politique qu'ils acceptent de conseiller secrètement et en pareille compagnie ?

A côte de ces problèmes, la question de savoir si le gouvernement actuel devrait réformer ou réorganiser le CCRST est sans intérêt. Quand une telle institution a, pendant quinze ans, patronné une politique aussi désastreuse pour l'image de la science dans le public (et chez la jeunesse en particulier) et laissé végéter les secteurs de l'activité scientifique les plus directement utiles au progrès et au bonheur humains, la chose à faire n'est évidemment pas de réorganiser l'institution : c'est de la recruter dans des milieux diamétralement opposés à ceux qui, jusqu'à présent, lui ont fourni ses membres. Il serait surprenant que M. Giscard d'Estaing se laisse tenter par cette opération de salubrité publique…

Roger Godement

Article publié dans *La Recherche* n°59, septembre 1975.

Mai 1985

Scientifiques, militaires et industriels

Ce texte n'a pas été publié – il est trop long pour une revue – concerne lui aussi principalement les États-Unis.

Sur le « discours d'adieu » du Président Eisenhower et sa critique du *military-industrial complex* (MIC), on a maintenant une étude des circonstances dans lesquelles il a été écrit et de son influence [1]. On y apprend (pp. 47-57) qu'Eisenhower, alors Major dans l'armée, avait été chargé en 1929 d'écrire une série de rapports sur la « mobilisation industrielle », sorte d'annuaire des entreprises susceptibles, en cas de guerre, de participer aux fabrications d'armements – ceci afin de prévenir, pour la prochaine fois, les cafouillages observés en 1917-1918. On pourrait déduire de là qu'Eisenhower a lui-même inventé le « complexe » bien avant les années 1950, sans oublier le fait que c'est sous son règne, dans les années 1950, que la plupart des plus importants programmes d'armements « scientifiques » de la guerre froide ont été initiés, développés, prolongés ou industrialisés : B-52, bombe H, projet SAGE de défense anti-aérienne du continent nord-américain, missiles intercontinentaux, avions espions U-2, sous-marins nucléaires et missiles Polaris, etc.

Quoi qu'il en soit, son discours a eu un grand succès auprès des jeunes historiens qui, à partir de la guerre du Vietnam, ont contesté la politique américaine, et il continue à être d'actualité. Quant à

---

[1] James Ledbetter, *Unwarranted Influence : Dwight Eisenhower and the Military-Industrial Complex* (Yale UP, 2011) ; le texte original de ce discours est disponible à l'adresse : <http://americanrhetoric.com/speeches/dwighteisenhowerfarewell.html>.

savoir si, un jour, le MIC américain disparaîtra, il n'y a pas lieu d'être optimiste, pour plusieurs raisons :

1. Beaucoup trop d'intérêts sont en jeu depuis beaucoup trop longtemps dans beaucoup trop des 48 États qui composent l'Amérique ;
2. L'armement (secteur dont font aussi partie des agences d'espionnage telles que la CIA et la National Security Agence, NSA, disposant d'énormes moyens) a une bonne chance de devenir sous peu le seul moyen dont l'Amérique disposera encore pour préserver sa *preponderance of power* ;
3. Les « armes de destruction massive » étant inutilisables pour les conflits actuels ou prévisibles, les nouveaux armements « classiques », *id est* non nucléaires – missiles de croisière, drones, véhicules terrestres autonomes, le « champ de bataille électronique », etc. – présentent beaucoup trop de possibilités d'innovations techniques pour qu'on n'en encourage pas le développement.

Et ce n'est pas demain que la NSA renoncera à intercepter, à déchiffrer et à classer les communications du monde entier.

R. G. [@2011]

Qu'est-ce que le complexe scientifico-militaro-industriel ?

Comme le savent tous les spécialistes du sujet qui nous occupe, c'est le Président Eisenhower qui, le premier, attira officiellement l'attention de ses compatriotes sur deux périls étroitement liés comme nous le verrons. On trouve ses avertissements dans son discours d'adieu à la nation américaine, prononcé le 17 janvier 1961.

Remarquant tout d'abord que l'Amérique, ne pouvant plus se permettre d'improviser sa défense, avait été « obligée » depuis la guerre de « créer une industrie d'armement permanente et de vastes proportions » et que « cette conjonction d'un immense Etablissement militaire et d'une grande industrie d'armement était nouvelle dans l'expérience américaine », il lança le premier avertissement que voici :

> « Dans les conseils du gouvernement, nous devons nous protéger contre l'acquisition, intentionnelle ou non, d'une influence injustifiée par le complexe militaro-industriel. Il y a là le risque potentiel, qui persistera, de la montée désastreuse d'un pouvoir mal placé. »

Remarquant ensuite que la révolution technologique des dernières décennies est « largement responsable des changements radicaux dans notre posture militaro- industrielle », que la recherche occupe maintenant une place « centrale », qu'elle est entreprise par des grandes équipes de scientifiques, que le Gouvernement en finance une proportion de plus en plus importante, y compris dans les Universités où, selon lui, « un contrat gouvernemental devient virtuellement un substitut à la curiosité intellectuelle », Eisenhower lança ensuite son second avertissement :

> « Nous devons considérer avec sérieux la possibilité, toujours présente, que les emplois gouvernementaux, l'attribution de contrats et

la puissance de l'argent ne finissent pas dominer les préoccupations de nos savants. Cependant, et tout en considérant avec respect, comme nous devons le faire, la recherche scientifique et les activités d'invention, nous devons aussi garder a l'esprit le risque égal et opposé de voir la politique publique devenir prisonnière d'une élite scientifique et technique. »

La notion de « complexe militaro-industriel », qui (à la terminologie près) avait déjà fait dans les années 1950 l'objet de quelques études dues à des auteurs non orthodoxes – et tout particulièrement *The Power Elite*, du sociologue C. Wright Mills (1956) –, a connu par la suite un énorme succès aux Etats-Unis ; c'était un peu la résurrection des discussions de l'entre-deux guerres sur le thème des « marchands de canons », mais à un niveau considérablement plus sophistiqué en raison de l'explosion dans ce pays des études d'économie et de politologie, de l'existence d'une documentation massive, et du fait qu'il s'agissait d'analyser un phénomène actuel, et non plus passé et transitoire [2], la guerre froide ayant succédé à la Seconde guerre mondiale alors que la Première guerre mondiale avait été suivie d'une paix relativement désarmée.

Bien que le rôle des scientifiques – expression à prendre en un sens large – n'ait pas toujours été, surtout au début, mis en évidence par les auteurs de ces études, on parle maintenant souvent d'un complexe scientifico-militaro-industriel. Il est piquant d'observer que cette terminologie semble avoir été introduite en 1969 par le sénateur Goldwater qui, excédé des critiques dont ses amis du « complexe militaro-industriel » faisaient l'objet, fit observer un jour :

« Le grand nombre de scientifiques qui ont fourni toute la recherche fondamentale nécessaire pour développer et fabriquée les armes nucléaires et les autres produits des actuelles industries de la défense. »

---

[2] Voir l'article de K.L. Nelson dans Carroll W. Pursell, Jr., *The Military-Industrial Complex* (Harper Row, 1972), pour la littérature d'avant 1971.

On pourrait aussi bien parler d'un *scientific-military-industrial complex*, voire même, compte tenu des contributions des Universités et des problèmes de management économique, d'un *economic-educational-scientific-military-industrial complex*. Comme certains auteurs lui adjoignent encore d'autres composantes – les hommes politiques bien sûr, les grandes banques, les syndicats ouvriers de l'armement, les *think tanks* plus ou moins privés, les journalistes, etc. [3] on pourrait aller beaucoup plus loin encore que Mr Goldwater et aboutir à un agrégat de mots comparable en longueur à une molécule d'ADN. On se bornera ici à parler d'un *complexe scientifico-militaro-industriel*, en abrégé SMIC, pour la raison que ses trois composantes regroupent *les personnes et organisations dont la fonction sociale est de transformer le progrès scientifique et technique en progrès militaire*, ce qui n'est évidemment pas celle des autres composantes mentionnées ci-dessus ; celles-ci considèrent le progrès des armements comme un moyen et non pas comme une fin en soi, même si leur accord ou leur appui est indispensable aux activités du SMIC.

Comme on l'a vu plus haut, Eisenhower, probablement influencé par ses deux principaux conseillers scientifiques – Herbert York au Pentagone et George Kistiakowskij à la Maison Blanche [4] avait dès 1961 isolé les trois composantes du complexe sans pour autant les réunir. On pourrait, comme l'une de nos sources [5], observer que le général Eisenhower lui-même fut en bonne partie à l'origine du SMIC comme le montre une de ses circulaires d'avril 1946 :

---

[3] Voir par exemple Sidney Lens, *The Military-Industrial Complex* (Pilgrim Press, 1970), pp. 39-40.

[4] Ils se sont beaucoup exprimés par la suite. Voir H. York, *Race to Oblivion* (Simon and Schuster, 1970) et *The Advisors : Oppenheimer. Teller and the Super-bomb* (Freeman, 1976), G.B. Kistiakowski, *A Scientist at the White House* (Harvard U.P., 1976), ansi que James R. Killian, Jr., *Sputnik, Scientists, and Eisenhower* (MIT, 1977), par le prédécesseur de Kistiakowski.

[5] Seymour Melman, *Pentagon Capitalism* (McGraw Hill, 1970).

> « Les scientifiques et les industriels doivent jouir de la plus grande liberté pour poursuivre leurs recherches. L'utilisation maximum par l'Armée des ressources civiles de la Nation ne peut pas être obtenue simplement en prescrivant les caractéristiques militaires de certains types d'équipements et les quantités à en produire. Les scientifiques et les industriels feront plus probablement des contributions nouvelles et insoupçonnées au développement de l'Armée si les instructions détaillées sont réduites au minimum. En sollicitant leur assistance dans ces conditions, non seulement on mettra à la disposition de l'Armée des talents et une expérience autrement inaccessibles, mais on établira aussi un climat de confiance mutuelle entre nous-mêmes et les civils. Cela les familiarisera avec nos problèmes et renforcera grandement les fondations de notre défense nationale. »

En fait, sur 918 millions de dollars de crédits de *Recherche et Développement* (R&D) dépensés en 1946 par le gouvernement fédéral américain, les agences à vocation militaire en avaient perçu 92 %, l'agriculture, la santé, les transports, etc. se contentant de 70 millions. En 1960, dernière année d'exercice du Président Eisenhower, le gouvernement avait attribué 8 080 millions à la R&D, le Pentagone en percevant 5 825, l'Atomic Energy Commission (AEC) 988 et la NASA, à peine née, 487 ; ces trois agences aux activités totalement ou aux trois quarts militaires à l'époque recevaient donc 90 % des crédits, la Santé se contentant de 4,4 %. En 1984, sur un total de 47 milliards de crédits de R&D, le Department of Defense (DOD) en a reçu 30,1, le Department of Energy (qui a succédé à l'AEC et finance toute la R&D relative au perfectionnement des explosifs nucléaires) 5,4 et la NASA 2,6, de sorte que la R&D militaire représente sûrement au moins 70 % du total fédéral. Ces chiffres s'obtiennent trivialement en consultant les statistiques de la National Science Foundation (NSF).

Les déclarations d'Eisenhower, peu porté aux discours subversifs, concernent aussi les Anglais et les Français dans la mesure où, à l'époque et encore de nos jours, le « modèle américain » exerçait sur leurs dirigeants une intense fascination, particulièrement curieuse en ce qui concerne les super-patriotes gaullistes qui cherchaient à libérer la France de l'influence américaine tout en imitant sans vergogne les Etats-Unis dans le domaine qui nous occupe ici. Si l'on considère, pour 1963/64, les

crédits publics de R&D attribués à l'industrie, on constate que les secteurs aérospatial et électrique recevaient au total 64 % de ces crédits aux USA, 85 % en France et 93 % en Grande-Bretagne d'après l'OCDE. La situation était bien entendu totalement différente en Allemagne et au Japon où le secteur aérospatial était pratiquement inexistant et où le secteur électrique, qui recevait 30 à 40 % des crédits publics, était à peu près entièrement orienté vers des productions civiles, alors qu'il jouissait de marchés militaires énormes aux USA et très importants en France et en Grande-Bretagne. Cette situation, qui n'a guère varié depuis vingt ans, explique sûrement en bonne partie les percées allemande et japonaise dans un certain nombre de secteurs civils bien connus. M. Marcel Dassault s'est étonné il y a quelques années à l'Assemblée Nationale que la France soit obligée d'importer toutes ses motocyclettes du Japon ; il ne s'est trouvé personne pour lui répondre qu'il était libre de reconvertir ses usines et ses ingénieurs…

Au reste Pierre Papon, l'un des « Sages » de la DGRST avant de devenir conseiller scientifique de M. Mitterrand puis directeur du CNRS, avait relevé il y a quelques années, dans *Le Pouvoir et la science en France* (p. 47), qu'après la fondation de la Ve République :

> « Tout rapport de politique scientifique important comportera presque toujours des références au modèle américain…, ce qui contribuera sans doute d'ailleurs à donner un certain caractère artificiel à de nombreux aspects de la politique scientifique française. »

Un politologue et économiste américain, Robert Gilpin, avait déjà fait en 1968 des constatations analogues, qui avaient d'autant moins plu aux Cyranos gaullistes qu'il mettait en doute, à juste titre, leur capacité à appliquer une politique scientifique et technique tous azimuts qui n'était à la portée que des USA [6] et de l'URSS. On pourrait aussi mentionner certains débats parlementaires, notamment celui qui eut lieu en 1965 à l'occasion de la création de l'IRIA et du CNEXO et au cours duquel quasiment tous les orateurs

[6] Robert Gilpin, *France in the Age of the Scientific State* (Princeton U.P., 1968) ou *La Science et l'Etat en France* (Gallimard, 1970).

parlèrent de l'Amérique ; à la même époque, J.-J. Servan-Schreiber publiait, dans *Le Défi américain*, une image d'autant plus attrayante de la politique scientifico-industrielle américaine qu'elle était à peu près totalement expurgée d'allusions de mauvais goût aux motivations militaires de celle-ci. Pour une vue plus franche de la situation à l'époque, il vaut mieux s'en remettre au *Chief Scientist* de Sa Gracieuse Majesté britannique [7] :

> « Il n'est pas douteux que l'argent du gouvernement américain, voté principalement pour satisfaire aux besoins de la défense, est en train d'imprimer sa marque sur la structure des connaissances scientifiques de demain et sur les tendances actuelles des développements technologiques. »

En dépit de la montée d'un Japon obligé de se passer de motivations militaires et donc de choisir d'autres priorités que l'Amérique, il est permis de croire que cette déclaration reste largement valable en 1985. Avec la « guerre des étoiles » du Président Reagan, l'Amérique se lance dans un gigantesque projet militaire étalé sur plusieurs dizaines d'années et qui, une fois encore, a toutes les chances « d'imprimer sa marque » sur la science, la technologie et l'industrie actuelles ou futures. C'est apparemment ce que M. Mitterrand et ses conseillers ont compris en proposant à nos voisins un projet Eurêka – En France, le ridicule ne semble plus tuer… – ayant pour but de développer en Europe des technologies analogues à celles dont rêvent les Américains au lieu de leur servir de sous-traitants. Il va de soi que, chez nous, il s'agira d'une entreprise aux buts purement civils : on n'imagine pas un gouvernement socialiste se lançant dans de grands projets militaires.

La question de savoir s'il existe des SMIC ailleurs qu'aux USA peut se régler facilement en dépit du fait que la documentation dont on dispose sur la Grande-Bretagne et surtout sur la France et l'URSS – deux pays qui se ressemblent fort par leur goût très modéré de l'information – est faible ou infinitésimale par comparaison avec la

[7] Sir Solly Zuckerman, *Scientists and War* (Hamish Hamilton, 1966), p. 28.

littérature américaine. Au sens strict du terme, le « complexe » groupe les organismes scientifiques, militaires et industriels qui concourent à la conception, au développement, au perfectionnement et à la production des armements. Bien que les liens institutionnels entre les diverses composantes ne soient pas partout les mêmes, les secteurs d'activité qui participent à ses opérations ne peuvent pas beaucoup varier d'un pays à l'autre pour la raison que, dans la limite des contraintes économiques, on fabrique partout à peu près les mêmes types d'armements hautement sophistiqués. Même si l'on admet, avec les frères Medvedev, qu'en URSS le Parti contrôle rigoureusement la vie du pays et qu'aucun « complexe » (sauf, précisément, le Parti…) ne peut se constituer en État dans l'État, il n'en reste pas moins qu'en URSS comme ailleurs ce sont, de toute nécessité, des scientifiques, des ingénieurs, des militaires et des industriels qui détiennent le monopole des connaissances techniques indispensables à l'armement et qu'en URSS comme ailleurs ils ont, dans ce domaine, des intérêts largement convergents ; cette situation ne peut pas ne pas leur donner une influence très substantielle sur les décisions d'un pouvoir politique qui, pas plus à l'Est qu'à l'Ouest, ne place sans doute pas la Mécanique Quantique ou la technologie des circuits intégrés au centre de ses préoccupations quotidiennes. D'ailleurs M. Sakharov s'est exprimé un jour sur ce point avec toute la clarté désirable [8] :

> « En 1950, notre centre de recherche fut intégré à un institut spécial. Pendant les dix-huit années suivantes, je me trouvai pris dans les routines d'un monde spécial de concepteurs et d'inventeurs militaires, d'instituts spéciaux, de comités et de conseils scientifiques, d'usines pilotes et de terrains d'essais. Je vis chaque jour les énormes ressources matérielles, intellectuelles et nerveuses de milliers de gens engouffrées dans la création de moyens de destruction totale, quelque chose de potentiellement capable d'annihiler toute la civilisation humaine. Je pus noter que les leviers de commande étaient aux mains de gens qui, bien que talentueux à leur façon, étaient cyniques. Jusqu'à l'été de 1953, le chef du projet atomique était Beria, qui régnait sur des millions de

[8] Harrisan E. Salisbury, éd., *Sakharov Speaks* (Vintage Books, 1974), p. 31. Il y a sûrement une traduction française.

> prisonniers-esclaves. Presque toute la construction fut le fait de leur labeur. A partir de la fin des années 1950, on put se faire une idée de plus en plus claire de la puissance collective du complexe militaro-industriel et de ses dirigeants vigoureux, sans principes, et aveugles à tout ce qui n'était pas leur boulot. »

En ce qui concerne la France, on pourrait observer que, 150 ans avant qu'Eisenhower n'invente le nom, Napoléon avait inventé une première esquisse de la chose en vouant l'école Polytechnique aux trois types d'activité – scientifique, militaire et industrielle – qui caractérisent le SMIC. Le fait qu'elle ne forme plus d'artilleurs aggraverait plutôt la situation puisque, pour me borner à quelques noms bien connus, l'X, depuis 1950, a formé, parmi ses meilleurs élèves, le directeur scientifique de la DAM du CEA (Robert Dautray), l'un des meilleurs spécialistes du guidage inertiel (Pierre Faurre, secrétaire général de la SAGEM), le chef de l'équipe ayant récemment conçu ADA, le nouveau langage informatique des systèmes d'armes américains (Jean Ichbiah, CII-HB) et les trois derniers directeurs de la R&D militaire (Pierre Contensou, Jacques Ducuing et André Rousset – un ingénieur et deux physiciens), sans compter environ 1 300 ingénieurs plus ou moins distingués du cadre supérieur de l'Armement. Polytechnique ou pas, le colloque *Science et Défense* organisé en 1983, sous la présidence de M. Louis Néel, prix Nobel de Physique [9], par M. Charles Hernu et qui a groupé treize cents participants – scientifiques, ingénieurs de l'armement et des industries publiques ou privées, industriels, militaires – pourrait passer pour une preuve suffisante de l'existence d'un SMIC français – existence qu'il ne semble même plus nécessaire de cacher sous un gouvernement socialiste. Il se trouve même un auteur américain fort sérieux [10] et spécialisé depuis vingt ans dans les problèmes politico-militaires pour écrire froidement, dans un livre sur les ventes d'armes :

> « En vérité, il est beaucoup plus exact de parler de l'existence d'un "complexe militaro-industriel" en France qu'aux Etats-Unis. »

---

[9] M. Néel a représenté la France au Comité scientifique de l'OTAN de 1958 à 1980.

[10] A. J. Pierre, *The Global Politics of Arms Sales* (Princeton U.P., 1982), p. 88.

M. Andrew Pierre appuie son assertion sur le fait qu'en France les relations du complexe avec l'Etat et les interventions de celui-ci dans le fonctionnement de celui-là sont beaucoup plus étroites encore qu'aux USA puisqu'une grande partie de l'industrie d'armement est nationalisée (à plus forte raison depuis l'arrivée au pouvoir des socialistes), que celle-ci et les services techniques des Armées sont en grande partie dirigés par des ingénieurs, généralement Polytechniciens, qui passent fréquemment d'un secteur à l'autre, que les scientifiques impliqués dans ces activités sont tous des fonctionnaires, etc. En outre, les activités françaises, en raison de leur volume limité – nous ne sommes qu'une « puissance moyenne » –, sont concentrées dans un nombre restreint d'organisations de taille modérée par comparaison avec ce qui se passe aux USA, ce qui facilite sûrement le développement de liens étroits entre les dirigeants de ces organisations et accroît sans doute d'autant leur influence sur le gouvernement.

La théorie selon laquelle, en France, les hommes politiques contrôlent plus facilement le « complexe » qu'aux Etats-Unis sous prétexte qu'une grande partie de celui-ci est nationalisé ou fonctionnarisé, n'est pas convaincante. Des contre-exemples bien connus le confirment, comme le rôle joué sous la IVe République par les technocrates du CEA dans le lancement des études militaires [11] ou celui des grands ingénieurs, tous du cadre de l'armement, qui ont lancé le projet « civil » Concorde. Il se pourrait en réalité fort bien que la fonctionnarisation et les nationalisations à la française facilitent l'accès, et donc augmentent l'influence, des membres du SMIC auprès du pouvoir. Le renversement de l'attitude des Socialistes à l'égard de la « force de dissuasion » lorsque leur victoire électorale devint vraisemblable n'est pas de nature à prouver le contraire…

---

[11] Voir Lawrence Scheinman, *Atomic Energy Policy in France under the Fourth Republic* (Princeton U.P., 1965), livre fondamental et, bien sûr, non traduit. Il n'est cité ni par Yves Rocard, cf. (21), ni par B. Goldschmidt, *Le Complexe Atomique*, qui de toute façon ne cite aucune de ses sources.

On peut aussi observer qu'en France comme ailleurs, la cohérence et le pouvoir du complexe sont assurés par l'invariance de ses dirigeants à travers les changements politiques. Elle est évidemment due au fait que ce sont les seuls experts disponibles dans le domaine, ésotérique et bien souvent secret, de l'armement – et même, ce qui est beaucoup plus grave [12], de la limitation des armements, encore que ce sujet soit à peu près complètement ignoré dans une France où, extrême gauche mise à part, tout le monde semble avoir maintenant assimilé la conception de « l'indépendance nationale » qui fleurissait dans la Droite nationaliste à l'époque où le futur Général de Gaulle faisait son éducation dans les écoles de curés et à Saint-Cyr. L'invariance des dirigeants du SMIC est suffisamment éclairée, en France, par une carrière telle que celle de M. Pierre Aigrain qui, passé successivement par l'école Navale, le CEA, la physique des solides à Paris, la direction de toute la recherche militaire, de l'Enseignement Supérieur et de la DGRST, se retrouve maintenant « Directeur Général [pourquoi pas Amiral ?] Technique » à la Thomson-CSF et vient d'être nommé membre du nouveau Comité d'évaluation des Universités présidé par M. Laurent Schwartz. C'est le nom de M. Aigrain qui, par ordre alphabétique il est vrai, figurait en tête de la merveilleuse liste d'experts gaullistes et giscardiens [13] qui patronnait, en 1983, le colloque *Science et Défense* déjà mentionné et que M. Charles Hernu a eu, le premier au monde à ma connaissance, l'idée géniale et légèrement cynique de rassembler – sous un gouvernement socialiste puisque évidemment aucun gouvernement de droite n'aurait osé le faire…

[12] Si, dans la vie civile, on faisait appel aux principaux chefs des réseaux de distribution de l'héroïne pour lutter contre la diffusion de celle-ci, les progrès enregistrés ne seraient probablement pas très spectaculaires.

[13] Sauf à supposer que, pendant vingt ans, la Droite française au pouvoir aurait pu confier à des gens de gauche des responsabilités importantes dans le domaine qui nous occupe ici.

Le SMIC n'est-il qu'un artifice conceptuel ?

L'emploi du mot « complexe », dont la signification est très imprécise, a provoqué aux USA et ailleurs des critiques contre une interprétation de la situation qui, à la limite, pourrait relever de la paranoïa. Par exemple, Kosta Tsipis, physicien du MIT et auteur bien connu de nombreuses études techniques sur la course aux armements, écrivait dans le numéro de juin 1972 du *Bulletin of Atomic Scientists* les lignes que voici :

> « Le contrôle d'une course aux armements qui fait proliférer les vecteurs paraît si intraitable que nous recourrons souvent à des constructions rhétoriques pour obscurcir les vraies dimensions du problème. Le "complexe militaro-industriel" est juste un artifice conceptuel de ce genre. La croyance qu'il existe un complexe militaro-industriel repose implicitement sur la conviction que les dirigeants militaires et les administrateurs de l'industrie collaborent pour promouvoir le développement et l'acquisition par le gouvernement de systèmes d'armes superflus. Cette conviction provient du fait apparent que beaucoup d'armes stratégiques existantes, en réalité, n'accroissent pas la sécurité du pays [14] et qu'elles n'ont pas été développées, après une délibération et une décision rationnelles de l'exécutif, pour répondre à un besoin de défense spécifique et vérifiable. Par suite, beaucoup de gens en viennent à l'hypothèse d'une conspiration, à savoir que ces systèmes d'armes sont refilés au pays pour le bénéfice d'une sorte de *Cosa Nostra* militaro-industrielle, obscure mais organisée. »

Mais il n'en est rien :

> « L'invention, le développement, l'acquisition et le déploiement des armes stratégiques dans ce pays est le résultat d'un grand nombre de motivations indépendantes, banales et profondément humaines, partout répandues et largement inoffensives lorsqu'elles ne sont pas appliquées aux armes nucléaires. »

[14] Il y a même des gens comme Herbert York, ancien directeur de chef de la recherche militaire au Pentagone sous Eisenhower, pour penser que ces armes *diminuent* la sécurité des États-Unis.

Le progrès technique, fréquemment mis en cause, « n'est pas en soi une activité humaine dangereuse » ; il ne le devient que lorsque des scientifiques s'autorisent :

> « de leur curiosité bien intentionnée et de leur désir de réussite pour rechercher par exemple des moyens encore plus précis et raffinés de guider une tête nucléaire; c'est alors que la technologie devient pernicieuse. »

M. Tsipis illustre cette thèse fort répandue – elle sauve la Science… – par le cas du « génie » qui a développé le guidage inertiel et qui :

> « ne fait pas de distinction entre les conséquences d'une précision de 100 mètres pour les Minuteman III et celles d'un atterrissage exact du module lunaire, lui aussi guidé par ses appareils. »

Il s'agit évidemment ici de Charles Stark Draper, directeur de l'Instrumentation Laboratory depuis sa fondation en 1940 jusqu'en 1969, date à laquelle l'administration du MIT, sous la pression des manifestations étudiantes, dut remplacer M. Draper, transformé en directeur de la branche Navigation et Guidage, par un Conseil d'administration chargé d'orienter une partie des activités du laboratoire, rebaptisé Charles Stark Draper Laboratory, vers des projets civils. C'est aujourd'hui une *non-profit organization* qui, en 1978, a reçu 78 millions de dollars du Pentagone, 6,2 de la Nasa, 0,4 du Department of Energy et 0,75 de la NSF et qui continue évidemment à s'occuper des mêmes problèmes pour les mêmes clients, par exemple le système MaRV (*Maneuverable Reentry Vehicle*) qui succédera au MIRV, dont le laboratoire de M. Draper avait développé le système de guidage après avoir développé ceux des missiles Thor, Atlas, Polaris et Poséidon et les systèmes de navigation des sous-marins nucléaires. Pour ceux qui se demandent quand la guerre froide a commencé, notons que, dès novembre 1945, M. Draper et ses associés avaient réussi à persuader les services américains de l'Armement de l'utilité de développer un système de navigation entièrement autonome qui permettrait aux futurs bombardiers intercontinentaux de se diriger avec précision sur

plusieurs milliers de kilomètres de territoire ennemi sans le secours d'aucun signal radio, et de frapper sans erreur l'objectif assigné.

Au cours d'une conversation avec l'auteur à Paris il y a une douzaine d'années, M. Draper m'a expliqué qu'il n'avait conçu aucun *lethal gadget*. Cela signifie, si l'on comprend bien, que pour M. Draper la technique du guidage ne poserait ni plus ni moins de problème si, au lieu de faire transporter par les ICBM une dizaine d'ogives nucléaires de 150 kT chacune, on décidait de les charger d'exemplaires de la Sainte Bible destinés à l'édification des Bolcheviks. M. Draper est du reste en plein accord avec M. Tsipis quant à la neutralité de la technologie :

> « En soi, la technologie n'est ni bonne ni mauvaise. Elle confère aux hommes de grands pouvoirs pour transformer les conditions naturelles en situations plus désirables. Ce sont les hommes qui dirigent les nations possédant les ressources pour utiliser la technologie qui déterminent si les résultats sont bénéfiques ou nuisibles… L'Homme, en tant que décideur des usages de ces pouvoirs, doit accepter la pleine responsabilité des circonstances qui apparaissent lorsqu'il choisit les voies dans lesquelles la technologie est mise en oeuvre et appliquée. » [15]

En raison de sa grande compétence, M. Draper a, il y a une dizaine d'années, été élu membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris.

Après cette digression sur M. Draper, revenons à l'article de Tsipis, qui se propose essentiellement de montrer qu'en fait de « complexe », il n'y a que des organisations et des hommes animés de motivations humaines parfaitement banales.

[15] C.S. Draper, *A Position Paper on the Special Laboratories* (20 févier 1970).

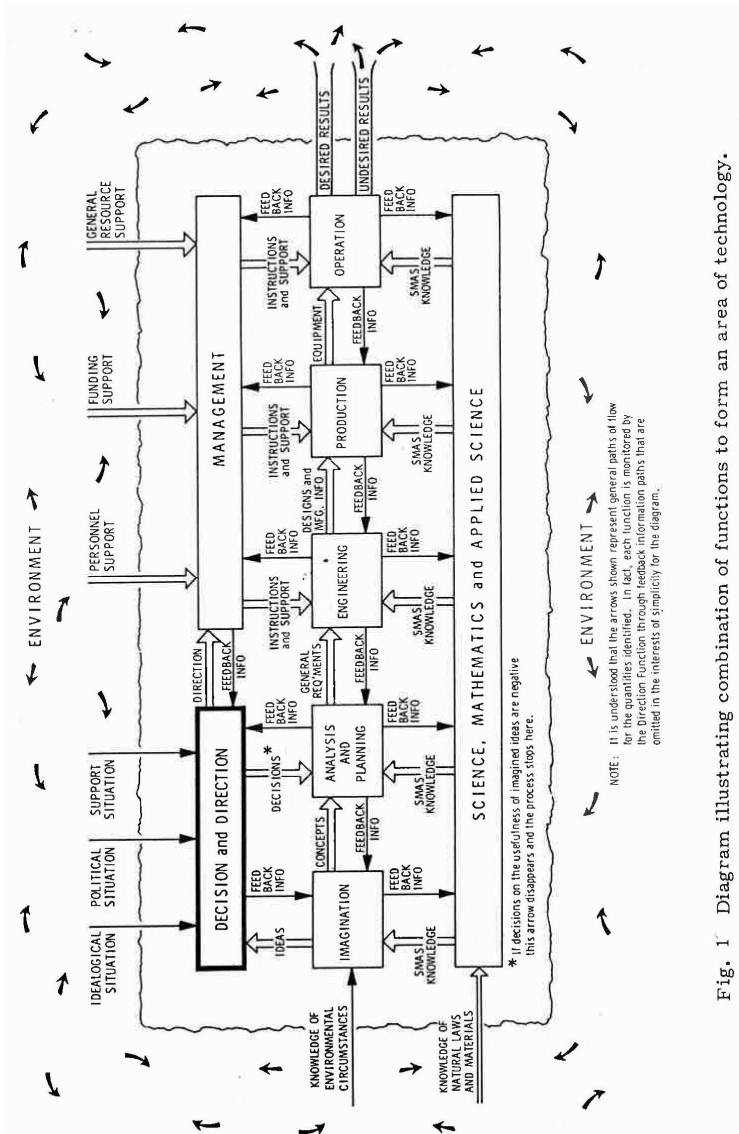


Fig. 1 Diagram illustrating combination of functions to form an area of technology.

Extrait de C.S. Draper, *Critical Systems and Technologies for the Future* (International Cooperation in Space Operations and Exploration, vol. 27, Science and Technology, 1971, American Astronautical Society).

Il est normal de maintenir en activité d'énormes laboratoires militaires et de les occuper, car si on les dispersait il serait impossible ou fort long de les reconstituer ; on procédait de même au Moyen-âge avec les équipes de bâtisseurs de cathédrales – délicate comparaison. Dans l'industrie américaine, où il faut « innover ou périr », un laboratoire financé par la Défense, avec ses « inévitables et profitables retombées technologiques, constitue une sorte d'assurance sur la vie » pour l'entreprise. « Mais, une fois établi, un tel laboratoire d'armement doit produire pour justifier sa propre existence », de sorte que les armes, nous dit Tsipis, « sont inventées non pas pour répondre à une demande spécifique mais en tant que mécanisme de survie du laboratoire ». On ne peut même pas accuser les firmes de l'armement de rechercher des profits. Outre que le motif du profit est à la base du système économique américain :

> « Une compagnie qui s'est créée dans le but explicite de faire des bénéfices pour ses actionnaires peut difficilement être accusée de bellicisme même si elle entreprend de produire les systèmes d'armes les plus déstabilisants. Le management qui accepte une telle tâche ne peut même pas être accusé de rechercher des profits excessifs. Les contrats militaires sont recherchés non'parce qu'ils sont profitables, mais parce qu'ils éliminent l'élément d'incertitude inhérent à une production dont la profitabilité dépend de son acceptation par le public. »

A cela s'ajoute le fait que le DOD (Department of Défense) avance le coût de la RD et bien souvent des installations de production (il avance même les frais de production au fur et à mesure de son déroulement), ce qui élimine en grande partie le recours aux emprunts bancaires. On sait aussi que :

> « Grâce aux clauses spéciales autorisées dans les contrats militaires [16], une firme ne peut pas perdre d'argent sur une commande militaire. »

M. Tsipis note encore, avec une certaine commisération, le corporatisme et le « manque de vision » des ouvriers de l'armement, « sans sécurité d'emploi, non informés, qui ne réfléchissent pas » et sont

---

[16] Le système *cost-plus-fixed-fee*, coût plus bénéfice fixé d'avance.

sous l'influence de gens [17] qui les rassurent sans cesse sur la légitimité de la « force américaine ». En fait :

> « Le facteur non militaire ou non diplomatique le plus puissant qui promeut la course aux armements est la synergie des ambitions personnelles. L'officier qui administre au Pentagone un système d'armes travaille dur… non parce qu'il “sauvera le monde pour la démocratie”, mais parce qu'il espère y gagner un galon de plus… L'administrateur industriel aussi travaille dur à obtenir le contrat de production de l'arme pour sa compagnie, non parce qu'il est un *merchant of death*, mais parce qu'il espère être nommé vice-président si sa compagnie en tire un profit élevé. Le parlementaire qui travaille à faire voter les crédits pour une arme qui sera produite dans sa circonscription n'est pas un "gaspilleur de fonds publics", mais un politicien professionnel qui désire être réélu… Le scientifique universitaire qui accepte de faire de la recherche militaire dans son laboratoire n'est pas un sinistre Dr Folamour : il a besoin de crédits pour faire des recherches qui conduiront son Université à lui accorder un poste permanent et qui persuaderont ses collègues de ses prouesses intellectuelles. Même l'apparatchik soviétique… chargé d'un système d'armes est fort probablement motivé, non par une quelconque ferveur idéologique, mais par le désir compréhensible de s'élever dans la hiérarchie du Parti. »

Cela n'empêche quand même pas M. Tsipis d'écrire :

> « La course aux armements n'est pas le produit d'une conspiration. C'est le résultat de l'ignorance et de l'indifférence de beaucoup de gens, exploitées par les quelques administrateurs militaires et industriels qui croient que la prospérité de la nation, ou la leur, est synonyme de la prolifération des armes stratégiques. »

Ce qui semblerait indiquer que, « complexe » ou pas, il y aurait bien un petit groupe de gens suffisamment bien organisés pour « exploiter l'ignorance et l'indifférence » de millions d'individus « sans vision »… Et M. Tsipis de conclure en nous expliquant que le vrai problème est que l'Homme est en train de tomber dans un

---

[17] Notamment les dirigeants syndicaux. Voir Sidney Lens, *The Military-Industrial Complex* (Pilgrim Press, 1970), chapitre 6.

« piège écologique » dont le Cafard risque de sortir vainqueur compte tenu de sa proverbiale résistance aux radiations…

Il y a sûrement beaucoup de vrai dans l'analyse de Tsipis, et on la confirmera plus loin sur quelques points importants. Elle comporte aussi quelques omissions ou obscurités quant aux motivations « banalement humaines » des acteurs du complexe. Il est certain que les laboratoires d'armement ont besoin d'inventer constamment pour survivre, mais ce fait n'explique pas pourquoi des scientifiques du niveau du Prix Nobel, disposant depuis longtemps de « postes permanents » dans leurs universités ainsi que de toutes les facilités possibles, éprouvent le besoin d'aider ces laboratoires à ne pas périr d'ennui, même s'il est certain que, dans beaucoup de domaines autour de la Physique, la participation de scientifiques de très haut niveau aux études militaires explique dans une large mesure la générosité dont le gouvernement fait preuve à l'égard de leurs occupations plus traditionnelles [18]. Outre les motifs invoqués par Tsipis, par exemple l'ambition personnelle, il est clair que ces scientifiques de haut niveau sont aussi fréquemment mus soit par des considérations politiques ou idéologiques, soit par l'intérêt scientifique que le travail militaire peut présenter.

En ce qui concerne les considérations idéologiques – qui peuvent aller du simple patriotisme à un anti-communisme virulent (à l'Ouest) en passant par le désir de préserver les « sociétés démocratiques » –, elles étaient évidentes chez les pionniers de 1939 et presque aussi claires chez ceux qui, aux environs de 1949/50, ont poussé Truman vers la bombe H, disons Ernest Lawrence, Luis Alvarez, D.T. Griggs, et les célèbres Hongrois John von Neumann, et Edward Teller. Parlant en 1954 au « procès » Oppenheimer, von

[18] La principale source de crédits de la physique des particules aux USA, à savoir l'AEC autrefois et le Department of Energy (DOE) aujourd'hui, est aussi chargée du développement et de la production des armes nucléaires. En 1982, le DOE avait versé 508 millions de dollars à Livermore, 459 à Los Alamos, 210 à Argonne, 159 à Brookhaven, 144 à Lawrence Berkeley, 139 au Fermi Lab, 125 au New Jersey Plasma Lab, 70 au Stanford Lin.Acc. et 21 au Ames Lab. (NSF 84-315, p. 217).

Neumann [19] déclarera froidement que, pour lui, la Seconde guerre mondiale était « une guerre à trois camps où l'Amérique avait eu la chance de voir ses deux principaux ennemis se détruire mutuellement » et que, pour lui, « l'URSS a toujours été une ennemie du début jusqu'à nos jours ». En Grande-Bretagne, Margaret Gowing, l'historienne officielle des projets atomiques, nous dit qu'après la guerre John Cockcroft, prix Nobel de Physique chargé notamment de diriger les recherches sur la production de plutonium militaire :

> « répliqua vivement à un collègue qui lui reprochait de travailler sur les armes atomiques. Il considérait, écrivit-il, que le danger et le mal, à notre époque, provenaient non pas de la bombe atomique mais, dans une écrasante proportion, de la politique poursuivie par l'Union Soviétique qui a adopté les pratiques du régime nazi - les camps de concentration, la main d'oeuvre esclave, le mouchard dans chaque rue et tout ce qui va avec… Jusqu'à ce qu'on parvienne à un accord, je crois que nous sommes en droit de nous armer nous-mêmes aussi puissamment que les Russes. » [20]

En France, les motifs idéologiques sont rarement invoqués par écrit pour la simple raison que, dans ce pays, on n'écrit jamais. M. Yves Rocard est, à ma connaissance, l'un des très rares acteurs qui ait, avec

---

[19] Mathématicien d'une extraordinaire précocité, l'un des premiers à avoir pratiqué les méthodes axiomatiques de la « mathématique moderne », von Neumann, au cours de la période 1925-1940, publia un grand nombre de travaux de première importance sur la logique, la théorie spectrale dans les espaces de Hilbert et les fondements de la Mécanique Quantique. La guerre l'oriente définitivement vers les mathématiques appliquées (propagation des processus explosifs à l'intérieur ou à l'extérieure d'une bombe A – c'est apparemment lui qui calcula la hauteur optimale à laquelle devait exploser la bombe d'Hiroshima –, théorie des jeux, etc.), après quoi son activité se concentre sur la conception des premiers ordinateurs électroniques, les calculs relatifs à la bombe H, et le développement des missiles intercontinentaux (il préside en 1954 le comité scientifique chargé de les développer et rendra même visite au président Eisenhower pour en recommander la construction). Ayant vécu aux USA depuis 1933 au moins, il meurt prématurément d'un cancer en 1957.

[20] Margaret Gowing, Lora Arnold, *Independence and Deterrence. Britain and Atomic Energy* (Macmillan, 1974, 2 vol.), chap. 13, p. 11. Ce chapitre 13 contient beaucoup d'autres indications sur les motivations des participants.

un quart de siècle de retard, rendu récemment public [21] son rôle dans le démarrage des études sur la bombe A française.

Dans *Juifs et Français*, Harris et Seduy, interviewant le neveu de M. Robert Dautray, nous apprennent incidemment que le père de la bombe H française aurait déclaré un jour que « s'il y a un Français qui doit savoir faire la bombe atomique, c'est bien un Juif ». A supposer que l'on puisse ajouter foi à ce témoignage de troisième main, la troisième étant au surplus journalistique, son caractère lapidaire et cryptique ne permet pas de le comprendre – il est susceptible de plusieurs interprétations divergentes, et nous ne sommes plus en 1939 [22] – mais on peut du moins subodorer qu'il y a là une certaine motivation idéologique. On aimerait beaucoup des éclaircissements, mais il y a peu d'espoir sur ce plan puisque le neveu de M. Dautray nous dit que son oncle « ne donne pas de conférences de presse comme Oppenheimer ». C'est bien regrettable.

Personnage extrêmement sensible aussi bien aux problèmes éthiques de son curieux métier qu'au *droit légitime du public à l'information* ou qu'aux implications politiques de ses activités, Oppenheimer nous a laissé des quantités de « conférences de presse » – notamment ses dépositions devant les commissions du Sénat américain, sans parler bien sûr des comptes-rendus de son « procès » qui, *a priori*, n'étaient pas destinés à la publication mais le furent immédiatement. Elles constituent aujourd'hui une source de documentation inestimable pour ceux qui s'intéressent à ces problèmes.

---

[21] *La Recherche*, février 1983.

[22] Dans *Le mal français*, p. 80-84, M. Alain Peyrefitte nous livre quelques indications biographiques sur M. Dautray, dont les parents, juifs polonais, sont morts à Auschwitz. La question de savoir si les armes thermonucléaires permettront d'éviter le retour des « solutions finales » ou si, au contraire, leur emploi ne risque pas d'Être lui-même une « solution finale » à la puissance mille, ne peut évidemment pas être décidée actuellement ; il faut attendre… L'auteur est bien conscient du mauvais goût de ce commentaire et renvoie M. Dautray à l'article de Hans Bethe dans le *Bulletin of Atomic Scientists* de mars 1950.

On ne demande pas à M. Dautray de rendre public le mécanisme détaillé de la bombe H française, même s'il est probable que ceux qui nous « menacent » ne sont pas totalement incompétents en matière scientifique et profiteraient peu d'une telle indiscrétion…

Quant au caractère intéressant, passionnant ou même, on va le voir, « fascinant » du travail militaire de très haut niveau, on a tous les témoignages possibles sur ce point. Dès 1945, ce motif est cité par Oppenheimer et, apparemment, explique sa célèbre déclaration selon laquelle les physiciens avaient « connu le péché ». Dans ses récents mémoires, Freeman J. Dyson nous dit qu'en 1948, en dépit des protestations de la plupart de ses collègues contre cette déclaration, il avait, lui, compris que le « péché » en question ne résidait pas dans le fait, moralement justifiable, d'avoir construit la bombe :

> « Mais ils ne s'étaient pas bornés à construire la bombe. Ils y avaient pris plaisir. Pendant qu'ils la construisaient, ils avaient eu le grand moment de leur vie. » [23]

Point que confirme par exemple Isidor I. Rabi :

> « Le laboratoire d'Oppenheimer (Los Alamos) était rempli de flamboyance et d'excitation. Il ne marchait pas mieux que le nôtre [Rabi travaillait sur le radar au MIT], mais ce fut une extraordinaire expérience. La chose dura en tout un peu plus de deux années – deux années qui fixèrent pour la vie les gens qui se trouvaient là. Ce fut leur grand moment. » [24]

Dyson nous livre aussi la curieuse réaction de Richard Feynman, qui avait dirigé le centre de calcul de Los Alamos et qui, après 1945, refusa tout travail militaire car :

> « Il savait qu'il le faisait trop bien et qu'il y prenait trop de plaisir. »

---

[23] F.J. Dyson, *Disturbing the Universe* (Harper and Row, 1979) ; *Les dérangeurs de l'univers* éd. Payot, 1986.

[24] Voir J. Bernstein, "Physicist, A Profile of Isidor I. Rabi", *The New Yorker*, 20 octobre 1975, p. 53.

De son côté, Margaret Gowing, qui, on l'a vu, a mentionné l'anti-soviétisme de Cockcroft, nous entretient de William Penney, chargé de développer l'arme atomique britannique proprement dite :

> « Penney avait vécu dans l'atmosphère intellectuellement stimulante de Los Alamos, et bien qu'il ne fût pas possible de recréer Los Alamos en Grande- Bretagne, les mathématiques et la physique de la bombe furent pour lui un travail perpétuellement fascinant. »

Le caractère « fascinant » du travail transparaît tout autant chez M. Draper, l'homme du guidage inertiel dont toute l'ambition est de développer des gadgets extraordinairement compliqués qu'il suivra *from womb to tomb* – depuis leur naissance dans le cerveau de l'inventeur jusqu'à leur mise au rebut après dix ou vingt ans d'usage (ou de non-usage). Il nous fournit une autre explication de sa collaboration avec les organismes militaires :

> « Pendant les années 1930, [Draper] acquit la conviction que les projets militaires étaient mieux organisés et financés que le travail pour l'industrie et les agences non militaires du gouvernement. Une réflexion sur les raisons de cet état de choses conduisit à la conclusion que les objectifs militaires étaient plus clairement définis et, en général, reconnus comme si importants que, purement dans son propre intérêt, la Nation ne pouvait pas se permettre de négliger de les financer adéquatement. » [25]

S'il est certain que, depuis les années 1930 [26], l'intérêt que l'industrie et les organismes gouvernementaux civils portent au progrès scientifique et technique s'est beaucoup accru, il n'en reste pas moins que, dans certains domaines évidents – armes ABC, missiles de croisière, aéronautique supersonique, appareils de vision

---

[25] *The Instrumentation Laboratory of the Massachussetts Institute of Technology, Remarks* by C. S. Draper, Director of the Laboratory from its Beginnings until the Present Time (1969), mimeo, p. 11.

[26] A cette époque, C. S. Draper s'intéressait aux problèmes de vibrations mécaniques, de combustion dans les moteurs d'avions et aux appareils de navigation aérienne (avec Sperry). Il développa des instruments de contrôle des moteurs qui, installés dans des milliers d'appareils de l'Air Force, contribuèrent durant la guerre à banaliser les vols transatlantiques.

nocturne, hydrodynamique des sous-marins, etc. –, on ne voit pas quels autres clients que les militaires pourraient financer des études ne présentant aucun intérêt dans le domaine civil, sans mentionner celles qui n'auraient jamais réussi à percer dans le secteur civil si les organismes militaires n'en avaient pas financé, à fonds perdus, le coût de la R&D. Si donc vous trouvez que le problème des « contre-contre-contre-contre mesures » destinées à maintenir l'efficacité des radars est « fascinant », il est probable que, comme M. Draper, vous serez bien obligé de travailler pour un organisme militaire. Bien sûr, on peut toujours changer de métier, comme Léo Szilard après Hiroshima, mais la chose n'est pas très fréquente ; comme dirait M. Tsipis, c'est banalement humain.

Il y a également beaucoup de vrai dans les remarques de M. Tsipis sur les avantages, pour l'industrie, des marchés militaires, lesquels ont fait l'objet de nombreuses études économiques américaines académiques ou gouvernementales depuis au minimum le pavé de Peck et Scherer [27]. Dans *The Defense Industry* (MIT, 1980), dont l'auteur, Jacques S. Gansler, a occupé des fonctions très élevées au Pentagone et chez ITT, Singer et Raytheon, on trouve une comparaison en trente points entre les marchés militaires et civils. Un seul énorme client au lieu d'une foule de petits acheteurs. Dans le secteur militaire, 8 % seulement des contrats attribués sur la base d'une compétition alors que, dans le secteur civil, les prix proposés déterminent le choix du fournisseur. Le secteur militaire paye n'importe quel prix pour les performances désirées, alors que l'acheteur civil se décide en fonction de l'utilité marginale du produit proposé. La production commence après la vente dans le secteur militaire, et avant dans le secteur civil. Lorsque la demande diminue, les prix montent dans le secteur militaire et diminuent dans le secteur civil. Les marchés militaires sont soumis à des variations

[27] M. J. Peck et F. M. Scherer, *The Weapons Acquisition Process : An Economie Analysis* (Harvard, 1962) suivi de Scherer, *Economie Incentives* (Harvard, 1964). Voir aussi J. Ronald Fox, *Arming America : How the U.S. Buys Weapons* (Harvard, 1974).

imprévisibles, les marchés civils atteignent généralement sans heurts un état d'équilibre stable. Etc.

Notons en passant que l'une des principales conséquences de ces caractéristiques d'un marché militaire où « l'invisible main » de la compétition capitaliste classique n'opère plus, est que les entreprises de l'armement ont les plus grandes difficultés à s'adapter aux marchés civils, qu'il s'agisse d'y vendre leurs produits militaires ou de diversifier leur production. Les marchés civils n'avancent ni le coût de la R&D ni celui de l'outillage de production, donc demandent des investissements considérables. Ils sont généralement déjà occupés par de grandes firmes civiles traditionnelles qui vendent beaucoup d'articles sans faire beaucoup d'effort pour les améliorer – mais qui, elles, disposent de services commerciaux incomparablement plus développés que ceux d'entreprises habituées à traiter avec un unique et énorme client. Le secteur civil exige des services après-vente très développés – or les clients militaires entretiennent généralement eux-mêmes leur matériel. Le niveau de qualité requis dans le secteur militaire, où l'on désire tout faire de la façon la plus sophistiquée possible et plus ou moins sans considération de coût, est énormément supérieur à celui dont se contente le secteur civil. Dans le secteur civil, il est très difficile de convaincre l'utilisateur potentiel qu'il désire le produit ou le service, alors que, dans le secteur militaire, le client sait ce qu'il veut et le formule clairement (*back to Draper*…). Enfin, et contrairement à ce que pense M. Tsipis, le rapport profits/investissements semble sensiblement plus élevé dans le secteur militaire que dans le secteur civil – sans doute parce qu'une bonne partie du capital utilisé est, en fait, d'origine gouvernementale [28]. Bref, le marché civil n'offre aucun

[28] Pour tous ces points et beaucoup d'autres, voir Bernard Udis, *From Guns to Butter : Technology Organizations and Reduced Military Spendinq in Europe* (Ballinger, 1970), fondé sur de nombreuses interviews de responsables européens (notamment français) de l'armement, en particulier p. 106-219. Les personnes interrogées semblent insister particulièrement sur les deux obstacles suivants : (a) la tendance des ingénieurs de l'armement à rechercher les solutions techniques les plus avancées, invendables sur le marché civil ; (b) l'inexistence dans les entreprises de l'armement de services commerciaux. Il va de soi que la situation n'est pas la même dans les entreprises civiles consacrant une petite partie de leurs activités à l'armement (exemple : IBM aux USA).

filet de sauvetage gouvernemental aux entreprises en difficulté (encore qu'en France, la très visible main du gouvernement puisse être d'un grand secours aux entreprises civiles suffisamment importantes…). Les récents succès de notre Thomson-CSF dans le marché de l'électronique grand public (haute fidélité et magnétoscopes, en attendant peut-être les *personal computers*) ne contredisent pas ce qui précède, et on comprend ses dirigeants de préférer recevoir d'un seul coup une commande de 20 milliards pour la défense anti-aérienne d'un royaume du pétrole !

Ces observations montrent qu'en somme une entreprise de l'armement qui tenterait de se reconvertir ou même simplement de se diversifier se heurterait fort probablement à des barrières difficilement franchissables à l'entrée des marchés civils. Symétriquement, l'industrie de l'armement se protège contre les incursions dans son domaine d'entreprises civiles qui pourraient être tentées de la concurrencer sur son propre domaine, la principale « barrière à l'entrée », comme les économistes américains appellent cela, étant précisément le très haut niveau technologique des industries de l'armement – niveau que celles-ci ont tout intérêt à maintenir précisément pour limiter la concurrence non seulement des entreprises civiles, mais aussi des autres entreprises de leur propre secteur. Il en résulte que, dans tous les pays capitalistes [29], le secteur de l'armement est concentré en grande partie dans un petit nombre d'entreprises de grande taille dont la survie dépend avant tout de leurs contributions au progrès technique dans leur domaine

[29] La situation soviétique est différente parce que (a) le moteur capitaliste du profit n'y existe plus, (b) la R&D militaire est le fait de bureaux d'études spécialisés indépendants des entreprises de production d'armement, (c) celles-ci produisent généralement aussi de grandes quantités de produits civils (exemple : avions et wagons de chemin de fer), (d) là recherche de la perfection technique n'est pas aussi prioritaire en URSS qu'aux USA, les militaires soviétiques insistant bien davantage sur la facilité de construction et la simplicité d'emploi de leurs matériels. Cf. Gansler, *op. cit.*, p. 250-254. Cela n'empêche naturellement pas les Soviétiques de courir après les Américains sur le plan technique. Voir William J. Perry (sous-secrétaire à la Défense pour la R&D) et Cynthia A. Roberts, "Winning Through Sophistification" (*Technology Review*, juillet 1982, p. 27-35).

propre. A cela s'ajoute le fait que certaines grandes entreprises du secteur civil qui n'ont, en apparence, que des marchés militaires très réduits *par comparaison avec leur chiffre d'affaires total*, ont tout intérêt à les conserver dans la mesure où ils leur permettent de faire financer par le gouvernement des progrès technologiques qui, plus tard, « retomberont » sur leur production civile, comme le montrent d'innombrables exemples dans des secteurs tels que l'électronique, l'informatique, l'aéronautique civile [30] ou le nucléaire civil, encore que, dans ce dernier cas, Westinghouse et General Electric aient légèrement surestimé l'importance du marché civil potentiel.

Tout cela ne prouve évidemment pas que le complexe scientifico-militaro-industriel soit, pour nous exprimer comme M. Tsipis, organisé comme la Cosa Nostra, ce que du reste personne n'a jamais prétendu même si le Sénateur Goldwater a pu se moquer un jour des gens qui « font des complexes à propos du complexe ». Il n'existe sans doute nulle part un « cerveau central » qui orchestrerait les activités du complexe et qui, en outre, imposerait ses vues à des dirigeants politiques technologiquement illettrés, inconscients et impuissants. Il existe toutefois dans tous les pays qui participent à la course aux armements des organismes qui, en raison même de leur mission – coordonner la R&D militaire –, pourraient dans une certaine mesure prétendre au titre de « cerveau central », par exemple la DRET en France et le DDR&E aux Etats-Unis [31].

---

[30] Enormes jusqu'à la fin des années 1960, les retombées civiles ont depuis beaucoup diminué dans le secteur aéronautique, les techniques militaires étant maintenant trop complexes et trop coûteuses pour le secteur civil ; cf. le Concorde.

[31] La DRET, Direction des Recherches et des Essais Techniques du Ministère français des Armées, a, depuis sa fondation en 1950, dirigée par des universitaires ou chercheurs (Pierre Aigrain, Jacques-Emile Dubois, Jacques Ducuing, André Rousset) spécialisés dans les sciences physiques (physique des solides, chimie physique, optique quantique, physique des particules). Le DDR&E, Defense Directorate for Research and Engineering du Department of Defense (DOD) américain, a longtemps été dirigé par des physiciens nucléaires (Herbert York, Harold Brown, John S. Foster, Jr.) ayant auparavant dirigé le laboratoire de Livermore qui, avec Los Alamos, développe les armes nucléaires et où l'on effectue par ailleurs une quantité considérable de recherche en Physique, Informatique et Mathématiques appliquées.

Quoi qu'il en soit, et ces milieux n'étant pas d'un accès très facile, on se bornera ici à observer que le mot « complexe », que l'on pourrait remplacer par « système » ou même par « communauté » – beaucoup d'auteurs américains fort académiques parlent de la *weapons community* comme d'autres parlent de la *medical community* –, a pour fonction de suggérer que la course aux armements est, dans ses aspects techniques, gouvernée par un assemblage… complexe de personnes – scientifiques, grands ingénieurs de l'armement, technocrates militaires – et d'organisations qui réagissent les unes sur les autres et dont la fonction commune et caractéristique est, comme on l'a dit plus haut, de transformer le progrès scientifique et technique en progrès militaire et même, comme tout le monde le sait, d'accélérer le progrès scientifique et technique, grâce à des distributions sélectives de crédits gouvernementaux, dans les domaines jugés indispensables à la défense.

De toute façon, les diverses composantes du complexe jouissent d'une autonomie suffisante et, même, s'opposent assez souvent sur la politique à appliquer, pour exclure toute interprétation paranoïaque globale, même si, localement, on se trouve parfois assez près d'une « conspiration » comme le montrent par exemple les débuts des études atomiques militaires en Grande-Bretagne après 1945 et en France après 1950 [32].

[32] Le fait que les premières études militaires anglaises furent organisées après 1945 par un très petit groupe de scientifiques, die grands ingénieurs et de militaires dans un secret dont furent exclus le public, les parlementaires et tous les membres du gouvernement – sauf Atlee et son ministre de la Défense – est parfaitement mis en évidence dans Margaret Gowing, *op. cit.*, et surtout dans Andrew J. Pierre, *Nuclear Politics : The British Expérience with an Independent Stratégie Force* (Oxford U.P., 1972). Pour la France, voir Scheinmann, note (10), qui met en évidence le rôle d'un petit groupe de Polytechniciens dirigés par M. Pierre Guillaumat (des « avions renifleurs » et aujourd'hui, entre autres, président du Comité des relations industrielles du CNRS…), appuyés par quelques politiciens ou militaires de droite, notamment gaullistes, et certains gouvernants de gauche comme Guy Mollet ou Max Lejeune (le rôle de Mendès-France n'est pas clair). L'article de Yves Rocard, note (21), accentue encore les conclusions de Scheinmann. La conclusion de M. Rocard, à savoir

C'est aussi l'existence et la nature de cette fonction commune et caractéristique qui permet d'exclure du complexe les nombreuses corporations dont l'aide lui est indispensable pour survivre, à commencer par les dirigeants politiques qui, en dernier ressort, prennent les grandes décisions. Le progrès militaire repose sur des *idées scientifiques et techniques*, tout comme celui de la médecine, et s'il n'y avait eu, dans l'Histoire, que des politiciens, des journalistes ou des banquiers pour nous faire passer de l'arbalète aux missiles de croisière, nous en serions encore à la massue.

Les progrès révolutionnaires : le rôle des scientifiques

Le fait que, dans la situation d'hostilité apparemment irréductible qui caractérise les relations entre les mondes capitaliste et socialiste, le moteur de la course aux armements soit en grande partie constitué par l'existence d'organisations vouées au progrès militaire peut paraître évident. Ce n'est pas une raison pour ne pas en donner quelques preuves, celles-ci pouvant être plus instructives que l'énoncé lui-même.

Ecoutons d'abord, au « procès » Oppenheimer, Norris Bradbury, qui dirige Los Alamos depuis 1945, répondre à propos de la bombe H à une question des enquêteurs :

> Question : A propos, est-ce que d'une manière générale vous et les gens de Los Alamos […] étiez d'accord ou non avec la position adoptée en octobre 1949 par le GAC ? [Le General Advisory Committee du CEA

---

que « c'est une volonté têtue s'appuyant d'ailleurs sur des couches profondes de la population qui a construit la bombe malgré la politique », relève de l'affabulation. Un sondage de l'IFOP du 30 août 1957 montre 64 % des Français estimant plus urgent de développer les usages pacifiques, et 15 % donnait la priorité aux usages militaires. Le directeur de l'IFOP (*Revue de Défense Nationale*, août 1977) écrit qu'à la fin des années soixante, la force de frappe « est condamnée comme étant finalement l'un des attributs du pouvoir personnel du général de Gaulle. Autrement dit, qui n'est pas gaulliste est, à l'époque, hostile à l'armement nucléaire » (p. 49). Et l'on sait que la loi-programme de 1960 dut être pratiquement *imposée* à l'Assemblée Nationale.

américain avait déconseillé le lancement d'un programme thermonucléaire massif]

Réponse : Je pense que si nous ne fûmes pas d'accord, ce fut plutôt sur la coloration que sur la substance. Nous sentions extrêmement fortement que le domaine thermonucléaire devait être exploré […] qu'en vérité à l'époque il se heurtait à de graves obstacles, mais qu'aucune décision quant à la sagesse ou à la moralité de fabriquer ou de stocker des bombes H ne pouvait être prise par ce pays avant qu'on ne dispose d'une connaissance complète de tous les faits.

Il était également important que ce pays connaisse les potentialités dans ce domaine d'un point de vue disons défensif. En d'autres termes, il était impératif de savoir… ce que les Russes pourraient être capables de réaliser.

Par conséquent, la philosophie du laboratoire était que nous ne désirions pas participer aux débats sur la question de savoir si c'était sage ou moral ou politiquement juste. Nous considérions comme nôtre la responsabilité technique de savoir, aussi rapidement qu'il serait possible de savoir, ce qui concernait ce qu'on appelait alors en gros la bombe H. […]

Il y avait alors, et il y avait eu auparavant comme je l'ai dit, un intérêt actif pour ce domaine. Il nous semblait malheureux que la question ait été posée publiquement en disant qu'il y avait là une croisée des chemins et que le pays ou les laboratoires devaient choisir cette voie-ci ou cette voie-là. Franchement, il aurait été impossible d'arrêter […] l'exploration de ce domaine par un quelconque décret. C'était un domaine excitant. Il ne violait apparemment aucune loi de la nature, et des scientifiques inventifs et ingénieux ne peuvent s'empêcher d'y réfléchir et de faire le travail. [33]

Vingt ans plus tard, ces déclarations sont confirmées par Stanislas Ulam [34], le mathématicien de Los Alamos qui, avec Teller, découvrit au printemps 1951 l'idée paraît-il géniale [35] qui permit au

[33] *In the Matter of J. Robert Oppenheimer* (AEC, 1954, MIT Press, 1971), p. 479.

[34] S. Ulam, *Adventures of a Mathematician* (Scribner's, 1976), p. 210

[35] Dans un rapport de 1954 récemment déclassifié, Hans Bethe écrit que la découverte de Ulam et Teller l'impressionna autant que celle de la fission par Hahn et Strassman fin 1938. Le « secret de la bombe H », qui était d'ailleurs forcément connu de

programme thermonucléaire américain, jusqu'alors dans une impasse scientifique, de trouver sa solution :

> « Environ six mois avant [la première explosion atomique soviétique, fin août 1949], je fis à N. Bradbury la remarque que j'avais l'impression qu'il y avait à Washington quelques personnes qui ne désiraient pas voir ce travail (sur la future bombe H) continuer, et Norris me dit : "Je veux bien être pendu si je laisse qui que ce soit à Washington ou un quelconque politicien me dire ce sur quoi il ne faut pas travailler". Son sentiment n'était pas ce qu'on appelle maintenant celui d'un faucon, ni motivé par des considérations politiques ou militaires ; il se rapportait purement à l'investigation scientifique ou technique. »

En février 1946, dans un mémorandum sur le contrôle des armes atomiques, Oppenheimer avait déjà remarqué qu'une tentative de prohibition de celles-ci se heurterait non seulement aux obstacles politiques évidents, mais aussi au fait :

> « qu'elle serait si contraire aux tendances humaines à l'exploration et à l'exploitation des connaissances qu'aucun accord signé par les chefs d'Etat ne pourrait obtenir l'intérêt ou la coopération des peuples du monde. »

Par quoi il faut probablement comprendre « des physiciens et des ingénieurs du monde », les « peuples » inventant ou fabriquant rarement des objets du genre de la bombe A… Jusqu'à quel point certains peuvent aller dans cette direction, c'est ce qu'Ulam lui-même nous explique avec une méritoire franchise :

> « Contrairement aux gens qui étaient violemment contre la bombe H pour des raisons politiques, morales ou sociologiques, je ne me posai jamais aucune question sur le travail purement théorique. Je ne ressentais pas comme immoral le fait d'essayer de calculer des phénomènes physiques. La question de savoir si cela valait la peine sur le plan

---

nombreux scientifiques discrets, a été rendu public par un journaliste, Howard Morland, *The H-Bomb Secret* (The Progressive, nov. 1979), après une bataille contre la censure américaine ; voir aussi, du même auteur, *The Secret that Exploded* (Random House, 1982). Les principes techniques sont exposés dans André Gsponer, *La bombe à neutrons* (*La Recherche*, septembre 1984), qui oublie de citer Morland sans l'audace duquel il n'aurait sûrement pas pu écrire son article…

stratégique était un aspect entièrement différent du problème – en fait, le nœud d'une question historique, politique ou sociologique de l'espèce la plus grave –, qui avait peu de choses à voir avec le problème physique ou technologique lui-même. Même le plus simple calcul en mathématiques pures peut avoir de terribles conséquences. Sans l'invention du calcul infinitésimal, la plus grande partie de notre technologie eût été impossible. Devrions-nous dire alors que le *calculus* est mauvais ? »[36]

En ce qui concerne l'analyse infinitésimale de Newton et Leibniz, bornons-nous à observer ici qu'à notre connaissance, ils ne l'ont pas inventée dans le but spécifique de rendre possible dans les deux ans le développement d'une arme quelconque – encore moins d'un engin de dix mégatonnes, dont l'idée leur aurait probablement paru monstrueuse[37] bien que ni l'un ni l'autre de ces deux grands mathématiciens n'ait jamais fait preuve de préoccupations humanitaires particulières. Ajoutons que si un scientifique ne saurait évidemment être tenu pour responsable de ce que l'on fera de ses découvertes 20, 50 ou 200 ans plus tard, *la situation n'est pas tout à fait la même lorsque la découverte est effectuée en vue d'une application immédiate formulée de façon parfaitement claire…*

Ces témoignages, que l'on pourrait multiplier et où perce une certaine arrogance, sont clairs. Ils nous disent en premier lieu que personne, pas même un gouvernement, ne peut empêcher des

[36] Ulam, *op. cit.*, p. 222. Il faudrait citer tout le chapitre sur la « Super ».

[37] John Napier, l'inventeur des logarithmes (ca. 1600), avait parait-il découvert un engin avec la capacité « to clear a field of four miles circumference, of ail living creatures exceeding a foot of height ». Dédions à ces Messieurs des bombes A, H et N la raison (peut-être fausse…) que Napier mentionna sur son lit de mort pour refuser d'en divulguer le fonctionnement : « For the ruin and overthrow of man, there were too many devices already framed, which if he could make to be fewer, he would with ail his might endeavour to do; and that therefore seeing the malice and rancor rooted in the heart of mankind will not suffer them to diminish, by any new conceit of his the number af them should never be increased » (John U. Nef, *Western Civilization since the Renaissance : Peace, War, Industry and the Arts*, Harvard, 1950 et Harper Torchbooks, 1963, p. 122). Cette déclaration peut-être apocryphe (mais elle exprime « l'esprit du temps », comme l'observe Neff) n'avait pas empêché Napier d'offrir ses talents d'ingénieur à Londres pour lutter contre l'Invincible Armada espagnole. A défaut de mieux, l'hypocrisie est un hommage que le vice rend à la vertu…

scientifiques passionnés par un problème, fût-ce celui de la bombe H, d'y travailler intensivement pour le résoudre. (Notons à ce sujet que leur gouvernement pourrait quand même leur couper les crédits, ce qui ôterait beaucoup de charme à leurs spéculations purement intellectuelles…). Ils nous disent aussi que, pour eux, *le problème intellectuel est disjoint de l'examen de ses conséquences politiques ou stratégiques* – sauf, on le présume, pour des gens comme Teller ou von Neumann, dont Ulam confirme surabondamment les motivations politiques à partir de 1945 au minimum. Enfin, Bradbury nous dit qu'*avant* de prendre des décisions politiques quant à l'opportunité de fabriquer une arme, il faut d'abord savoir si elle est techniquement faisable.

Cette dernière opinion relève à première vue du bon sens le plus élémentaire : inutile de discuter d'une arme qui relève la science-fiction. Bien sûr, bien sûr. Mais si elle ne relève pas de la science-fiction ? Si les prouesses intellectuelles des scientifiques chargés de l'étudier la rendent techniquement faisable ? Les dirigeants politiques sont alors bien *obligés* de se dire que, si l'on peut la fabriquer chez eux, on pourra aussi la fabriquer en face (c'est bien ce qui s'est produit en la circonstance), et comment imaginer que, dans le climat de l'époque – la guerre de Corée, entre autres… –, des gouvernants américains ou soviétiques pourraient accepter de ne pas ordonner la fabrication d'une arme susceptible de volatiliser New York ou Moscou alors qu'ils savent qu'elle est techniquement réalisable et que, par suite, ils sont en droit de soupçonner les gens d'en face d'en lancer la réalisation ? Il est clair qu'ici – il s'agit certes d'un cas extrême, mais le même processus s'est reproduit des dizaines de fois depuis 1940 –, *la politique est totalement prisonnière de la science et de la technologie*, et d'autant plus que nombre de scientifiques impliqués dans le travail technique sont eux-mêmes influencés par ce raisonnement à la portée de n'importe qui.

Au procès Oppenheimer, le physicien Hans Bethe, prix Nobel ayant toujours eu profondément conscience des problèmes éthiques

que pose l'armement nucléaire [38], nous explique qu'après avoir beaucoup hésité, il accepta après le début de la guerre de Corée de retourner à Los Alamos dans l'espoir :

> « qu'il serait peut-être possible de prouver que les réactions thermonucléaires n'étaient pas du tout réalisables. »

Mais lorsqu'Ulam et Teller eurent prouvé le contraire, la situation changea et Bethe décida, pour son propre compte :

> « que si des armes thermonucléaires étaient possibles, nous devrions les avoir les premiers et aussitôt que possible. »

Cela n'empêchera pas Bethe d'écrire en, 1962 dans le *Bulletin of Atomic Scientists* :

> « Les scientifiques ont regardé dans l'enfer de la bombe longtemps avant tout le monde. Une des choses qui me troublent est que personne ne nous croit lorsque nous prédisons l'enfer. »

Et qu'il y a chez les scientifiques eux-mêmes tous les types de réaction [39], depuis les gens qui refusent tout travail militaire jusqu'à ceux qui « font tout ce que le gouvernement ou l'Air Force ou l'AEC leur demande de faire », qui « soufflent sur les flammes » pour les attiser, qui demandent encore plus de crédits et de personnel pour développer des armes encore plus meurtrières, et qui exercent « une grande influence » sur les gouvernants. (Rappelons en passant que Teller, l'un des plus actifs promoteurs de la bombe H, est encore, 35

---

[38] Voir "The Hydrogen Bomb" (*Bulletin of Atomic Scientists* ou *Scientific American*, mars 1950), sûrement le plus prodigieux article jamais écrit sur le sujet – et immédiatement après la décision de Truman (31 janvier 1950). A contraster avec le cynisme de Teller écrivant (*Bulletin of Atomic Scientists*, février 1950) que « notre communauté scientifique a eu sa lune de miel avec les mesons. Les vacances sont finies ». Sur Bethe voir le "profile" de J. Bernstein dans *The New Yorker* (3, 10 et 17 décembre 1979) et, pour l'époque de la bombe H, Robert Gilpin, *American Scientists and Nuclear Weapons Policy* (Princeton, 1962), mine d'informations sur le sujet.

[39] Ce qui ôte tout sens à la croyance assez répandue selon laquelle « les scientifiques sont responsables de la course aux armements ». Les responsabilités s'échelonnent de 0 (cas des gens qui refusent tout travail militaire et de ceux qui ne sont pas dans le sujet, par exemple 99 % des biologistes) à $+\infty$…

ans plus tard, l'un des principaux conseillers scientifiques du Président Reagan [40]). Bethe note aussi que, s'il est satisfaisant de constater que les comités où l'on examine les problèmes militaires comportent toujours des personnes d'opinions variées, le fait que ces comités soient secrets *interdit au public de comprendre ce qui se passe* – ce qui revient bien à dire qu'abstraction faite des gouvernants qui décident en dernier ressort, les décisions sont au minimum préparées par de petits groupes de scientifiques, ingénieurs, industriels et militaires opérant secrètement. Au demeurant, Bethe a écrit quatre ans plus tôt, toujours dans le *Bulletin of Atomic Scientists*, que, mis à part les militaires :

> « le seul autre groupe de personnes qui soient complètement informées, ce sont les scientifiques qui travaillent sur les armes. »

On remarquera que, dans tout ce qui précède, on s'est intéressé à un problème très exceptionnel : le développement de la bombe H aux États-Unis. Comme dans le cas bien connu de la bombe A pendant la guerre, au cours de laquelle on a vu des dizaines de physiciens de première grandeur travailler scientifiquement *et* politiquement pendant largement trois ans avant de réussir à convaincre les gouvernants américains d'ouvrir les écluses de la finance – déjà ouvertes pour d'autres projets moins révolutionnaires grâce à l'exploit des Japonais à Pearl Harbor… –, il s'agit là d'idées totalement originales qui doivent provoquer de formidables discontinuités dans les techniques militaires. Ces idées géniales ne peuvent germer que dans les esprits de scientifiques de tout premier plan, nécessairement peu nombreux, qui, pour les faire accepter par des politiciens ou chefs

---

[40] En février 1950, dans le *Bulletin of Atomic Scientists*, Teller écrivait que « le scientifique n'est pas responsable des lois de la nature. Son rôle est de découvrir comment ces lois opèrent. C'est le rôle du scientifique de trouver les voies dans lesquelles ces lois peuvent servir la volonté humaine. Toutefois, ce n'est *pas* le rôle du scientifique de déterminer s'il faut construire une bombe à hydrogène, si elle devrait être utilisée, ou comment elle devrait l'être. Cette responsabilité appartient au peuple américain et à ses représentants élus ». Comme l'observe Gilpin, p. 106, le comportement des scientifiques du même bord que Teller à l'époque « dévia grandement » de cette théorie…

militaires scientifiquement ignares, sont bien obligés de *prendre l'initiative* d'alerter ceux-ci – comme, en France, M. Yves Rocard l'a fait en 1946 lorsqu'il eût découvert pour son compte une première et vague idée de la future bombe H. Inévitable dans le pays où l'idée germe en premier, ce type de situation se rencontre aussi ailleurs même lorsque les gouvernants savent déjà, ne serait-ce qu'en lisant les journaux, qu'il est techniquement passible de construire l'arme considérée puisque les Etats-Unis, par exemple, la possèdent. Car même dans ce cas, il reste à savoir si les ressources intellectuelles et industrielles de la « puissance moyenne » qui veut se faire aussi grosse que le bœuf américain sont compatibles avec un tel projet. Sur ce plan aussi, l'intervention de scientifiques et d'ingénieurs très compétents auprès des gouvernants peut se révéler indispensable ou très utile comme le montrent clairement les développements atomiques militaires anglais et français après 1945. Et ici encore, la discussion entre les gouvernants et les techniciens se déroule dans un secret qui, à défaut de tromper l'ennemi potentiel, interdit du moins aux citoyens de comprendre ce qui se passe ou de participer si peu que ce soit aux discussions.

S'il est vrai que, comme Lewis Mumford l'écrit quelque part dans son *Pentagon of Power* « the secret of power is secrecy itself », alors M. Robert Dautray a en effet bien raison de ne pas donner de conférences de presse ; le public risquerait de se mêler d'affaires qui, manifestement, ne le regardent pas [41].

---

[41] Dans *L'avenir de la guerre* (éd. Mazarine, 1985), M. Pierre Lellouche semble fort inquiet des résultats d'un sondage d'opinion entrepris par le Ministère des Armées. Ce sondage montre qu'en 1984, non seulement 72 % des Français sont « par principe opposés à l'utilisation par le Président de la République de l'arme nucléaire », mais en outre, pour 38 % que si le Président de la République « menaçait d'employer l'arme atomique », sa décision serait « désapprouvée par les Français avec réactions violentes ». M. Pierre Lellouche pense que « un président aura beau tenir dans sa main la clé de 120 mégatonnes […] si son propre peuple refuse que celles-ci soient utilisées […] alors ces ogives effrayantes ne serviront à rien ». Ce raisonnement pessimiste suppose que les Français seront tenus au courant du déroulement des événements, qu'ils auront toujours la possibilité de se soulever contre leur gouvernement après l'orage… Pour ce qui est de la situation américaine, voir Daniel Ford, "U.S. Command and Control" (*The New*

La nécessité de maintenir le moral des laboratoires

Les innovations militaires ne sont pas toutes, fort heureusement, du même ordre de grandeur que l'invention de la bombe A ou H. En général, on a affaire à des avances scientifiques et technologiques moins révolutionnaires ou moins spectaculaires, tout au moins au début, que la fission ou la fusion : transistors, informatique, guidage inertiel, propulsion à réaction, laser, etc. et à leurs perfectionnements successifs. Comme l'ont écrit les auteurs de *Project Hindsight* une étude entreprise dans les années 1960 par le Pentagone pour tenter de contrer l'arrogance des grands scientifiques :

> « Ce ne sont pas les grandes percées mais plutôt l'effet cumulatif synergistique d'une quarantaine d'innovations qui font les améliorations radicales. Chacune de ces innovations, prise en elle-même, ne produirait que peu d'amélioration, ou pas du tout. Cette conclusion est d'importance fondamentale. »

C'est là un fait bien connu et évident. Lorsque des esprits brillants combinent entre elles cette quarantaine de « petits » progrès – on suppose que leur assemblage ne relève pas du miracle de l'Immaculée Conception –, ils rendent techniquement possible – et donc, dans la plupart des cas, politiquement inévitable – tout d'abord le développement de nouveaux *systèmes d'armes* très complexes qui, jusqu'alors, appartenaient au domaine de la science-fiction (missiles balistiques ou de croisière, systèmes anti-missiles, sous-marins nucléaires, etc.), puis leur perfectionnement indéfini par des laboratoires militaires publics ou privés n'utilisant que des ingénieurs de niveau moyen, au besoin assistés de « consultants » scientifiques auxquels on se réfère lorsqu'on « sèche » sur un problème ou qui,

Yorker, 1 et 8 avril 1985), qui décrit avec un grand luxe de détails et quelque ironie les problèmes techniques que poserait la décision de lancer les missiles. On y apprend en passant qu'en cas de crise grave, les émissions de radio et TV seront coupées pour ne pas gêner les communications gouvernementales. S'il en est de même en France, M. Lellouche devrait être rassuré.

avec quelques ingénieurs de très haut niveau, sont, eux, capables de *comprendre globalement* le système d'armes en cours de développement [42]. Comment ces laboratoires en arrivent-ils à « vendre », au sens propre ou au figuré, leurs produits aux dirigeants militaires et politiques et pourquoi les maintient-on indéfiniment en activité est un problème intéressant, qui va du reste nous ramener tout droit chez M. Tsipis.

Considérons par exemple le très remarquable livre que Ted Greenwood a consacré aux aspects non proprement techniques du développement des MIRV [43] les missiles à têtes multiples indépendantes. Après avoir mené une enquête auprès d'une quinzaine de branches du gouvernement américain, interrogé des dizaines de participants appartenant à tous les secteurs du « complexe » (M. Greenwood préfère parler de la *weapons community*) et digéré une impressionnante littérature officielle ou non, publique ou « classifiée », M. Greenwood est parvenu à d'intéressantes conclusions générales.

Première citation (Introduction, p. xiv) :

> « Il est rare que l'on suggère de remplacer des équipements vieillis en rouvrant simplement les anciennes installations de production, ou d'étaler le déploiement de telle sorte qu'une seule chaîne de production puisse indéfiniment fournir les remplacements… L'usage dans les nouvelles armes de techniques vieilles de dix ou quinze ans est

---

[42] Rappelons que le Teapot Committee chargé en 1953/54 de lancer le développement des premiers missiles intercontinentaux américains était présidé par J. von Neumann et comprenait des gens comme H. W. Bode, G. B. Kistiakowski, Ch. C. Lauritsen, Clark B. Millikan, Simon Ramo, J. B. Wiesner, Dean E. Wooldrige. Ce n'étaient pas exactement des « ingénieurs de niveau moyen ».

[43] Ted Greenwood, *Making the MIRV : A Study of Defense Policy Making* (Ballinger, 1975). M. Greenwood, après des études de mathématiques et de physique suivies d'un doctorat en sciences politiques, enseignait à Harvard et au MIT lorsqu'il a publié son livre. Il a par la suite occupé d'importantes fonctions au Pentagone. Carrière bien américaine… Pour un exposé plus technique des idées qui ont amené au développement des MIRV, voir Herbert York, "The Origins of MIRV", dans D. Carlton et C. Schaerf eds., *The Dynamics of the Arms Race* (Croom Helm, 1975).

apparemment impensable. De temps en temps, des changements dans la technologie, dans l'environnement stratégique (résultant spécialement des activités soviétiques perçues) ou dans les idées relatives à l'utilisation des forces nucléaires stratégiques paraissent exiger des armes nouvelles et plus avancées. En outre, les structures de stimulation dans les organisations militaires ou civiles qui conçoivent, développent ou construisent les nouvelles armes ou qui négocient ou surveillent les contrats contribuent à propulser les nouveaux systèmes. Le résultat de ces diverses pressions est devenu prévisible en raison de fréquentes répétitions. On lance un programme de développement long et coûteux pour incorporer les derniers progrès techniques à une nouvelle quincaillerie. Le nouveau système est presque toujours plus coûteux, et parfois beaucoup plus coûteux, même en tenant compte de l'inflation, que l'ancien système qu'il remplace. »

Interrompons un moment M. Greenwood pour citer un avionneur américain :

« Entre l'époque des frères Wright et celle du F-1B [un chasseur pour la Marine], le coût d'un avion a été multiplié par quatre tous les dix ans. Si la tendance continue, en 2054 le budget total de la Défense permettra d'acquérir juste un avion tactique. Cet appareil devra être partagé entre l'Air Force et la Marine à raison de trois jours et demi par semaine pour chacun. » [44]

Revenons à M. Greenwood, pour une seconde citation (p. 13) :

« Ce processus de remplacement continuel se perpétue de lui-même dans une certaine mesure. On a créé de grandes organisations qui doivent la poursuite de leur existence à leur capacité d'inventer de nouvelles armes ou d'en élaborer les plans, et de les vendre aux décideurs. Ces organisations comprennent non seulement les bureaux de développement des trois armes, mais aussi quelques unes des plus grandes corporations du pays, qui emploient des milliers de travailleurs et constituent une puissante force politique. Ces compagnies ont tendance à entrer en concurrence mutuelle sur une base technique plutôt que financière, en premier lieu parce que la marchandise la plus

[44] Voir James Fallows, *National Defense* (Vintage Books, 1902), p. 39. Tout le chapitre 3 de Fallows, *Magicians*, constitue en 40 pages une critique féroce et parfois hilarante des effets de la recherche systématique du perfectionnement technique.

vendable qu'elles peuvent offrir aux acheteurs militaires, ce sont des progrès techniques… Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des organisations à orientation technologique, la question importante qui se pose aux militaires n'est pas de savoir *s'il faut* introduire des innovations techniques, mais bien celle de savoir *comment choisir* à partir d'un grand assortiment de possibilités, quels seront les coûts, et à quelle vitesse avancer. »

Examinant en particulier le cas de la branche du Pentagone chargée de développer les missiles (la Ballistic Systems Division, BSD), M. Greenwood nous dit, p. 19 :

« Le prestige, le budget et le pouvoir de la BSD à l'intérieur de l'Air Force reposait sur sa capacité permanente à engendrer et à vendre de nouveaux systèmes et composants de missiles. Aussi longtemps que le nombre des Minuteman prévu continuait à croître [*id est* au début des années 1960], on pouvait rechercher des versions plus perfectionnées pour les missiles non encore déployés, comme ce fut fait pour le Minuteman II [plus puissant et plus précis que la version initiale]. Mais lorsqu'il devint de plus en plus probable qu'un plafond serait imposé [au nombre de missiles déployés] le BSD commença à rechercher d'autres voies pour introduire des perfectionnements. Pour que l'organisation continue à se maintenir, il n'eût pas suffi d'assurer l'entretien des missiles existants et de remplacer les missiles vieillissants, par des modèles identiques. Les missiles de rechange auraient pu Être obtenus chez les fabricants et déployés en faisant peu appel au BSD et à la communauté technique sur laquelle il s'appuie. Le personnel du BSD était composé d'ingénieurs constamment à l'affût de nouvelles technologies et de nouveaux modèles pour améliorer leurs produits. Leur moral et leur satisfaction personnelle reposent sur des innovations continuelles. Un plafond imposé au nombre de missiles déployés aurait pu les mettre en chômage (out of business), sauf à convaincre qu'il fallait remplacer les missiles existants par de nouvelles versions. »

Ces réflexions confirment les idées de Tsipis, et tout scientifique est bien placé pour savoir que « le moral et la satisfaction » de ses collègues « reposent sur des innovations continuelles ». Ces motivations ne laissent d'ailleurs pas indifférentes les hautes sphères, comme Greenwood nous l'explique :

> « Les organisations employant des ingénieurs ou des scientifiques […] doivent lancer de nouveaux défis afin de maintenir le moral du personnel et d'éviter une rotation trop rapide de celui-ci. Quand la fin d'un projet est en vue, l'organisation essaie d'en trouver un autre pour le remplacer. Au surplus, tout officiel de l'Office of the Secretary of Defense qui considère la santé de la communauté technique comme importante éprouvera de la sympathie à l'égard de ces pressions institutionnelles et, dans une certaine mesure, sera influencé par celles-ci dans ses décisions politiques. » (p. 53)

A ces observations générales, M. Greenwood ajoute des commentaires relatifs au cas spécifique qui l'intéresse :

> « Les MIRV furent originellement conçus par la communauté technique et industrielle assistant les services des missiles [de l'Air Force et de la Navy] et furent suggérés par cette communauté à ces services et au DDR&E. Comme la technique des MIRV n'était pas considérée comme un nouveau système d'armes, mais seulement comme une amélioration d'un système déjà en élaboration ou déjà prévu [à savoir la technique MRV, à trois ogives nucléaires non indépendamment guidées, ou aux techniques développées par la NASA pour placer plusieurs satellites sur orbite à l'aide d'un seul lanceur], sa conception put avancer très loin sans recevoir d'autorisation explicite des forces armées ou du DDR&E. A la différence d'un nouveau bombardier ou d'un nouveau missile qui exige des crédits importants et une autorisation du Secrétaire à la Défense avant d'avancer très loin, la technique MIRV franchit ses premières étapes purement à l'initiative de la communauté technique. »

M. Greenwood nous informe à ce sujet qu'il a lui-même, au cours de son enquête, rencontré cinq inventeurs quasi-indépendants du système MIRV ou de techniques très voisines, ce qui montre à quel point il eût sans doute été difficile aux autorités supérieures (en l'espèce, Robert McNamara) d'en refuser le développement – et donc le déploiement. Le rôle initiateur de la communauté technique ne surprend pas M. Greenwood – nous non plus du reste –, et il

l'explique en citant un texte de 1948 émanant de la RAND Corporation [45] :

> « Quand arrive le moment où les forces armées savent qu'elles veulent quelque chose, elles en ont besoin immédiatement. La recherche ne peut jamais être une entreprise réellement à court terme. La seule façon d'être certain que les produits de la recherche seront *disponibles* et *disponibles à temps* [souligné dans le texte] est d'avoir l'œil sur l'avenir, d'observer soigneusement les plans militaires à long terme et d'entreprendre avec vigueur des recherches sur les connaissances fondamentales qui ont des chances d'être nécessitées par les types de dispositifs qui semblent probablement indispensables aux plans militaires à long terme. »

Comme l'ajoute fort justement M. Greenwood, dans cette optique le chercheur scientifique (expression à prendre chez lui au sens large) :

> « doit anticiper les besoins militaires futurs et préparer le terrain […] Ce n'est que plus récemment que l'autre face de ce processus a été perçue, à savoir qu'en procédant de la sorte la communauté technique peut provoquer une demande et vendre une arme qui, autrement, aurait peut-être pu n'être demandée que plus tard, ou jamais. »

Naturellement, et comme Greenwood le note aussi p. 48, le développement des MIRV n'aurait pas pu avancer au-delà d'un certain point sans l'accord de McNamara, indispensable pour la phase la plus coûteuse du développement, et à ce point précis de l'histoire entrent en jeu des considérations politiques très variées.

En multipliant les ogives nucléaires transportables par un missile, le système MIRV (installé tout d'abord sur les fusées Polaris des sous-marins puis sur les Minuteman) permettait de tenir en échec ceux qui, dans l'Air Force ou au Congrès, réclamaient des milliers de missiles au lieu des mille Minuteman autorisés. Le fait que ces ogives étaient guidées indépendamment et donc susceptibles de frapper leurs objectifs avec une grande précision, notamment les silos

---

[45] Sur celle-ci, voir Bruce L. R. Smith, *The RAND Corporation* (Harvard, 1966).

soviétiques en voie de « durcissement », était aussi un avantage stratégique. Le déploiement de quelques systèmes anti-missiles du côté soviétique favorisait bien évidemment le système MIRV. Pour ces raisons, « le programme avança à peu près aussi rapidement que la technologie le permettait » – situation qui contraste fortement avec la lenteur et l'indécision des recherches sur les missiles entre 1945 et 1954, époque où, entre autres obstacles, il fallait vaincre l'opposition des aviateurs résolus à conserver leurs B-36 et B-52 [46] et où l'impulsion décisive semble avoir été donnée par les essais soviétiques plusieurs années avant le Spoutnik.

M. Greenwood – il est regrettable qu'on ne dispose pas d'études françaises comparables à la sienne – nous explique aussi le rôle joué dans ces processus par le réseau des relations personnelles entre les membres de la *weapons community*. Pendant tout le développement des MIRV, le BSD fut aidé par ses contacts avec les industries aérospatiales, notamment Aerospace Corporation et Space Technology Laboratories (aujourd'hui TRW, liée en France à Matra), et par des réunions mensuelles avec un comité scientifique où l'on trouve Charles S. Draper, du guidage inertiel, Antonio Ferri, spécialiste de propulsion (Brooklin Polytechhic Institute), John S. Foster Jr. et Edward Teller (physique nucléaire, Livermore), David T. Griggs et William G. McMillan (physique nucléaire, Université de Califor nie à Los Angeles), ainsi que deux physiciens de la RAND Corporation, Albert et Richard Latter, inventeurs d'une version du système MIRV. Greenwood nous dit en particulier qu'Albert Latter, apposé au Limited Test Ban Treaty, intervint auprès de Harold Brown, chef du DDR&E, pour le persuader de la possibilité technique de réaliser un système de type MIRV et du danger que couraient les missiles américains si lès Soviétiques adoptaient cette technique.

---

[46] Voir Edmund Beard, *Developing the ICBM : A Study in Bureaucratie Politics* (Columbia U.P., 1976). Le développement des missiles Polaris est étudié du même point de vue dans Harvey Sapolsky, *The Polaris System Development* (Harvard, 1972).

Plusieurs de ces scientifiques étaient, eux aussi, en relations personnelles avec Brown, qui avait dirigé auparavant le laboratoire de Livermore. Ces relations personnelles permirent d'établir entre le BSD et le DDR&E « une communication informelle totalement extérieure aux circuits bureaucratiques normaux », nous dit M. Greenwood, et c'est là un détail important car, si le BSD se situe à un niveau relativement bas dans la hiérarchie du Pentagone, le chef du DDR&E, lui, en est le personnage numéro 3 – après le Secrétaire à la Défense et le Chef d'État-Major Général. On sait que, sous la présidence de M. Carter, Harold Brown a occupé le poste n°1, ce qui montre assez bien jusqu'à quel niveau d'influence peut, aux États-Unis, s'élever un homme qui a commencé sa carrière dans la physique nucléaire.

Et si c'était surtout un complexe scientifico-militaire ?

On a vu au début de cet exposé que le « complexe militaro-industriel » d'Eisenhower avait été transformé par le Sénateur Goldwater en un « complexe scientifico-militaro-industriel ». Il est intéressant de noter qu'en 1968, il s'est trouvé quelqu'un pour prétendre que ce qui est réellement dangereux, c'est le « complexe scientifico-militaire ». L'auteur de cette suggestion, relativement bien placé pour connaître le problème, n'est autre que l'Amiral Rickover qui, depuis 1946 environ et pendant une trentaine d'années, a dirigé les programmes de propulsion nucléaire de la Marine américaine et, tout particulièrement, des sous-marins nucléaires dont il est généralement considéré par les journalistes comme le « père ».

En fait, toutes les idées et une bonne partie du travail technique initiaux sont venus, une fois de plus, de la « communauté scientifique et technique », et plus précisément de Ross Gunn, chef de la Division de Mécanique et d'Electricité du Naval Research Laboratory et de Philip Abelson, un physicien bien connu qui a longtemps été l'éditeur-en-chef de la revue *Science* ; il fut, pendant la guerre, l'un

des auteurs de la découverte de l'élément 93, le neptunium, et dirigea les recherches qui conduisirent à la construction d'une petite usine de séparation isotopique de l'uranium par diffusion thermique abandonnée après avoir apporté une contribution de dernière minute à la bombe d'Hiroshima.

C'est un rapport de mars 1946 écrit par Abelson et deux ingénieurs du Naval Research Laboratory qui semble avoir décidé la Marine américaine à lancer des études sérieuses dans cette direction, bien que cette perspective ait déjà été mentionnée au même organisme dès mars 1939 par Enrico Fermi (ce qui, notons-le en passant, valut aux physiciens atomistes américains leur première aide financière gouvernementale : 1 500 dollars). Mais évidemment la technique n'était pas encore au point en mars 1939 [47]…

Donc, en 1968, l'Amiral Rickover, personnage haut en couleur, brutal – on l'a surnommé « l'homme qui gueule » –, controversé, totalement dépourvu du moindre sens de la diplomatie, rencontre pour la N[e] fois une commission du Sénat américain et y tient un discours dont la revue *Science* du 2 août 1968 nous donne quelque idée :

> « Rickover prétend que "les énormes crédits de recherche alloués au Department of Defense par le Congrès" ont créé un "complexe militaro-scientifique" plus dangereux que le "complexe militaro-industriel" à propos duquel le Président Eisenhower nous avait prévenus. Rickover prétend qu'un "vaste directorat entrecroisé" contrôle la recherche militaire de la nation et en profite, et demande au GAO [la Cour des Comptes américaines] de compiler un *Who's Who* de la R&D militaire, avec des index. Il dit qu'une telle liste pourrait demander deux ans à préparer et devrait comprendre les noms de toutes les organisations engagées dans la R&D militaire depuis dix ans, ceux du quart supérieur

[47] Sur le développement des sous-marins nucléaires, voir l'histoire officielle Richard G. Hewlett et Francis Duncan, *Nuclear Navy. 1946-1962* (Univ. of Chicago Press, 1974), où la liaison avec le développement des centrales civiles de la filière PWR est naturellement mise en évidence. Sur Rickover, voir Norman Polmar et Thomas B. Allen, *Rickover : Controversy and Genius* (Simon & Schuster, 1982), pavé de 740 pages dont le niveau intellectuel n'est pas particulièrement élevé.

> du personnel de ces organisations y compris tous les officiels et directeurs, les comités dont tous ces gens ont fait partie depuis dix ans, les noms des consultants universitaires utilisés, et les salaires versés à chacune de ces personnes, directement ou indirectement. Rickover dit que le DOD et la NASA devraient être couverts par cette étude. Le président de la Commission [des Affaires Etrangères du Sénat devant laquelle déposait Rickover] pense que l'établissement d'un tel index serait "une très bonne idée". »

J'ignore si la liste demandée par Rickover a jamais été établie ; le gouvernement américain a publié il y a quelques années une liste de tous les membres de tous les comités gouvernementaux, mais je ne l'ai pas consultée et il est peu probable qu'elle réponde à toutes les conditions posées par Rickover.

La question que pose Rickover est en somme celle de l'importance réelle de la composante industrielle du SMIC, ce qui peut paraître étrange compte-tenu du rôle majeur joué dans les affaires de Rickover lui-même par des entreprises et telles que General Electric et Westinghouse pour les réacteurs, General Dynamics et Newport News Shipbuilding pour la construction navale, et par les critiques acerbes que Rickover a périodiquement dirigées contre les dépassements de délais et encore plus de coûts dont se sont rendu coupables ces compagnies, et particulièrement General Dynamics. Mais il faut tenir compte d'autres facteurs. Comme Greenwood nous l'a expliqué, les entreprises de l'armement ont toutes les raisons du monde d'encourager les progrès techniques puisque ceux-ci constituent « la marchandise la plus vendable » qu'elles peuvent offrir aux militaires. Par ailleurs, s'il est bien connu que, dans les entreprises totalement ou principalement orientées vers le marché civil, la direction et le *management* sont assurés par des spécialistes du *business* pour la plupart sans expérience du travail technique, il n'en est pas de même dans le secteur de l'armement proprement dit où, nous dit Gansler (p. 103) :

> « La gestion des firmes travaillant pour la défense est dans une large mesure entre les mains d'ingénieurs qui ont monté dans l'organisation. […] Dans l'industrie aérospatiale il est courant que les ingénieurs et

> scientifiques constituent 30 à 50 % des effectifs de l'usine. La présence de si nombreux ingénieurs dans une usine entraîne non seulement des dépenses très significatives pour du travail d'ingénierie de routine, mais aussi qu'une partie considérable des crédits de R&D est dépensée sur des produits déjà en cours de production […]. Certains ont parlé à ce propos d'un impératif technologique – "puisque nous pouvons le faire, nous devons le faire". Essentiellement, ces ingénieurs établissent des "besoins" militaires fondés sur les progrès technologiques promis. Ces promesses sont bien reçues par les ingénieurs (civils et militaires) du gouvernement, dans une large mesure indépendamment du coût probable des changements. »

Le motif du profit évoqué par Tsipis et beaucoup d'autres auteurs n'est pas tellement convaincant. Il est certain que les dirigeants des entreprises de l'armement gagnent fort bien leur vie – ce qui explique sans doute en partie le grand nombre d'anciens militaires de haut rang qu'elles emploient –, mais du point de vue capitaliste les actions de celles qui sont en majeure partie spécialisées dans l'armement attirent fort peu les financiers professionnels. Ils connaissent les risques d'un business où la survie d'une entreprise peut dépendre d'un seul contrat gouvernemental ou d'aléas politiques incontrôlables. Bien sûr, le gouvernement essaie fréquemment de renflouer les grandes firmes qui se trouvent au bord de la faillite (comme ce fut le cas de Lockheed il y a quelques années, et l'on connait la situation française…), mais pour ce qui est des profits capitalistes, rien ne vaut IBM ; Quant aux petites entreprises sous-traitantes, leur sort relève de l'incertitude la plus complète aux Etats-Unis, avec des centaines de faillite dans les années 1970.

Comme au surplus les innovations qui propulsent la course aux armements ne peuvent, comme on l'a déjà dit, germer que dans les esprits des vrais techniciens – ingénieurs et scientifiques *en activité réelle* dans les universités, les entreprises, les laboratoires gouvernementaux et les instituts de recherche indépendants –, on est amené à la conclusion que l'Amiral Rickover n'avait peut être pas entièrement tort. On a beaucoup mentionné, et avec raison, le rôle moteur des commissions spécialisées du Congrès américain (et, en

France, M. Alain Peyrefitte, dans *Le mal français*, insiste sur l'impatience du général de Gaulle à l'époque où le CEA « séchait » sur la bombe H). Mais ni le Congrès américain ni le général de Gaulle ne peuvent faire autre chose que d'accélérer la réalisation ou la production d'armes dont la conception est déjà très avancée.

Ce rôle moteur des inventeurs est en fait reconnu depuis longtemps, et du reste fréquemment mentionné avec fierté par les membres de la corporation. Tout le monde sait qu'après 1945, l'un des thèmes les plus immédiatement exploités par les dirigeants scientifiques consistait à insister sur le fait que, pendant la guerre, les relations entre scientifiques et militaires avaient subi un changement essentiel : au lieu d'attendre les demandes des militaires, les scientifiques avaient réussi à s'introduire dans les discussions de haut niveau et à suggérer aux militaires des besoins, des possibilités ou des perfectionnements qu'ils ne demandaient pas ou dont ils n'étaient pas conscients.

J'ai mentionné plus haut le rôle d'un certain nombre de scientifiques dans la décision du président Truman de lancer le programme thermonucléaire en janvier 1950 [48] ; Oppenheimer, qui avait donné un avis défavorable trois mois plus tôt (mais ne s'y opposa évidemment pas après la décision de Truman), faisait campagne à l'époque, aux environs des années 1950, en faveur d'une diversification des bombes A dont, nous dit un témoin à son « procès » :

> « Il essayait tout le temps de montrer [aux militaires] la grande variété des usages possibles, les petites bombes comme les grandes. » [49]

Un autre témoin, Isidor Rabi, qui vient de succéder à Oppenheimer en 1953, explique qu'il est aussi membre du conseil scientifique de l'Office of Defense Mobilization, du centre de

---

[48] Outre le procès Oppenheimer et le livre de Gilpin mentionné dans la note 37, on peut consulter Herbert York, *The Advisors : Oppenheimer, Teller. and the Superbomb* (Freeman, 1976).

[49] *In the Matter*…, p. 497, témoignage de Whitman (chairman, chimie, MIT).

recherches de l'armée de terre à Aberdeen, qu'il a présidé le comité scientifique du Joint Research and Development Board du Pentagone, qu'il a participé au projet Lincoln d'où est sorti le gigantesque réseau SAGE de défense anti-aérienne à la fin des années 1950, et lorsqu'on lui demande combien de temps il consacre à ses activités officielles, il répond :

> « J'ai fait le compte pour l'année dernière [1953] et suis arrivé à un total d'environ 120 jours ouvrables. Vous pourriez donc plutôt me demander combien de temps je passe à Columbia. »

C'est-à-dire, l'université où M. Rabi a enseigné la physique pendant un demi-siècle. Hans Bethe, dans l'article de 1962 mentionné plus haut, passe lui aussi un tiers de son temps environ dans des comités gouvernementaux – pas tous militaires, certes. En 1975, Rabi expliquera à Jeremy Bernstein que, s'il a accepté d'entrer en 1947 au Comité consultatif (GAC) du CEA américain, c'est parce qu'il pensait

> « qu'en travaillant de l'intérieur […], il se pourrait que nous fussions capables de faire quelque chose pour nous débarrasser de la bombe atomique […]. C'était mon sentiment que l'on devait être à l'intérieur du gouvernement si l'on désirait avoir de l'influence, spécialement sur ces questions militaires. Puisqu'il y avait tout ce secret, vous ne pouviez pas connaître ce dont vous parliez à moins que vous n'en fassiez partie. »

Il est intéressant de noter en passant que Rabi, qui a dit en 1943 à Oppenheimer, dans un mouvement d'enthousiasme :

> « La bombe atomique sera le point culminant de trois siècles de physique. » [50]

Et qui, à l'avis négatif exprimé fin octobre 1949 par le GAC sur l'opportunité d'accélérer le programme thermonucléaire, avait ajouté avec Fermi une opinion minoritaire où ils déclaraient que l'effet

---

[50] Martin J. Sherwin, *A World Destroyed* (Knopf, 1975), p. 56 ; la meilleure étude politique des questions atomiques pendant la Guerre, par un historien professionnel qui cite ses sources.

pratique de la bombe H serait « presque celui d'un génocide » et où ils ajoutaient :

> « L'usage d'une telle arme ne peut être justifié à partir d'aucune éthique qui attribue à chaque être humain une certaine individualité et dignité même s'il se trouve être un résident d'un pays ennemi. » [51]

Ce qui va sensiblement plus loin que les prises de position des évêques français actuels. Rabi n'a jamais pardonné à Truman d'avoir cédé aux pressions des partisans de la bombe H et d'avoir, comme il le dit à J. Bernstein :

> « Alerté le monde que nous allions faire une bombe à hydrogène à un moment où nous ne savions même pas comment en faire une. »

Rabi a néanmoins dirigé le GAC du CEA américain au moment précis où la production de la bombe démarrait à une échelle dix fois supérieure au Manhattan Project – M. Rabi, donc, n'a plus beaucoup d'espoir. Pour lui, les dirigeants actuels, américains ou soviétiques, sont « réellement affligeants » et :

> « La race humaine possédera de plus en plus les moyens de se faire sauter elle-même et le miracle serait que cela n'arrive pas. »

Heureusement, il reste la Science qui, selon lui, est « l'étude appropriée pour l'humanité ». Il avait déjà écrit en 1965 que :

> « Ce dans quoi le scientifique est engagé, ce n'est pas la destruction, c'est la compréhension. La Science n'a rien à voir avec ce que les gens pratiques en font. » [52]

Énoncé qui, nous l'espérons, rassurera tout le monde, et qui est sûrement l'un des *credos* de notre corporation (sauf lorsque les « gens pratiques » répandent des applications manifestement bénéfiques du progrès scientifique, auquel cas la corporation s'empresse naturellement de faire valoir ses inestimables contributions).

---

[51] Texte complet dans York, *Advisors*.

[52] Dans Aaron W. Warner, ed. *The Impact of Science on Technology* (Columbia U.P., 1965), p. 33.

Le conseiller scientifique britannique déjà cité au début, Sir Solly (*now Lord*) Zuckerman, semblerait plutôt, lui, d'accord avec l'Amiral Rickover. Dans son livre de 1966, il s'exprimait déjà avec une certaine franchise, en notant d'abord que, depuis la Guerre :

> « Le militaire n'a jamais cessé de presser le scientifique d'intensifier l'exploitation technologique de ses connaissances afin d'améliorer l'arsenal des armes disponibles ; et à l'intérieur des contraintes économiques qui lui étaient imposées, les scientifiques et ingénieurs n'ont été que trop disposés à rendre service dans la pleine mesure de leurs capacités. »

Le principal résultat de cette situation étant que, compte tenu des crédits disponibles :

> « Il est au plus haut point improbable – bien qu'évidemment non impossible – que la recherche de la supériorité militaire, à l'échelle où on la poursuit aux USA et en URSS, serait passée à côté d'une quelconque application potentielle d'une branche établie de la connaissance scientifique. »

Mais en 1980, Lord Zuckerman change de style :

> « Ici les experts de l'armement commandent, et lorsqu'il s'agit d'armes nucléaires les chefs militaires des deux camps – qui par convention sont les conseillers officiels en matière de sécurité nationale – ne servent habituellement qu'à transmettre les vues des hommes de laboratoire, car c'est l'homme dans le laboratoire – et non le fantassin, le marin ou l'aviateur – qui au départ propose, pour telle ou telle raison mystérieuse, qu'il serait utile d'améliorer une ancienne tête nucléaire ou d'en créer une nouvelle. Et si une nouvelle tête nucléaire, alors un nouveau missile. Et étant donné un nouveau missile, un nouveau système dans lequel il doit s'intégrer.
>
> C'est lui, le technicien, et non le commandant sur le terrain, qui est au cœur de la course aux armements, qui initie le processus de formulation d'un soi-disant besoin militaire. C'est lui qui a réussi, au cours des années, à assimiler, et donc à confondre, la puissance destructive nucléaire avec la puissance militaire, comme si celle-là était la seule et suffisante condition du succès militaire. Les hommes des laboratoires d'armement nucléaire des deux côtés ont réussi à créer un

monde aux fondations irrationnelles, sur lequel un nouvel ensemble de réalités politiques ont dû être édifiées à leur tour. Ils sont devenus les alchimistes de notre époque, travaillant dans des directions secrètes qui ne peuvent être divulguées, et jetant des sorts qui nous enferment tous. Ils n'ont sauvent jamais combattu et jamais vécu les destructions de la guerre; mais ils savent comment créer des moyens de destruction. »[53]

Ce type de commentaire a été récemment confirmé aussi bien par Frank Barnaby, directeur du célèbre SIPRI[54], pour qui « *le scientifique-militaire est ici l'acteur clé* », que par l'organisation Pugwash[55] qui, après avoir noté qu'environ un demi million de scientifiques et d'ingénieurs participent directement à la R&D militaire et « *créent continuellement de nouveaux moyens de destruction* », leur demande de réfléchir aux conséquences de leurs actes. On peut donc présumer qu'il y a dans cette théorie quelques éléments de vérité.

Le danger de cette théorie est que des millions de gens scientifiquement et politiquement illettrés risquent de l'interpréter de travers et de rendre la Science et les Grands Savants responsables de la course aux armements. C'est probablement ce risque qui a conduit Bernard Feld et Victor Weisskopf, deux physiciens bien connus, à publier dans le *New York Times* (voir *International Herald Tribune* du 16 septembre 1976) un article destiné à éclairer le grand public et dont j'extrais le passage suivant :

« Les découvertes scientifiques sont faites par une poignée d'individus engagés dans l'entreprise de compréhension de la Nature. Lorsque de telles découvertes sont prêtes à être exploitées, elles sont si bien comprises que les outils qui en dérivent peuvent être appliqués par

---

[53] S. Zuckerman, *Nuclear Illusion and Reality* (Collins, 1982), p. 103.

[54] Frank Barnaby, "Military-Scientists" (*Bulletin of Atomic Scientists*, juin-juillet 1961), p. 11-12. Barnaby note que la poursuite des recherches sur la détection des sous-marins nucléaires, dont l'invulnérabilité constitue le facteur le plus stabilisant de l'équilibre de la terreur, constitue « une bonne preuve du fait que les militaires-scientifiques ne sont plus contrôlés par le pouvoir politique ».

[55] Voir par exemple *Scientists, the Arms Race and Disarmament* (Unesco ou Taylor & Francis, 1982), résolution 2, p. 7.

> une vaste armée de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens dont l'éthique, les penchants et les motivations ne diffèrent pas de ceux de la masse des gens. [56]
>
> Ce qui arrive à de telles applications est déterminé par une interaction complexe de données politiques, économiques et sociologiques et certainement pas par les décisions des quelques scientifiques originellement responsables de la nouvelle découverte ou par la communauté scientifique. »

Et de nous réciter ensuite toutes les actions des scientifiques – sans que l'on puisse toujours distinguer s'il s'agit des scientifiques en général, ou seulement de certains d'entre eux… – en faveur du contrôle des armements ou même du désarmement, sujet dont Feld nous entretient dans le colloque Pugwash auquel on vient de faire allusion plus haut. Gageons que, s'il paraît stupide d'accuser la Science d'être responsable de la course aux armements comme le font des millions d'illettrés, on ne manquera pas de mettre en valeur ses contributions – comme le font déjà MM. Feld et Weisskopf – lorsqu'elle aura réussi à la limiter, et encore bien plus lorsqu'elle aura réussi le miracle que nous promettent M. Reagan et ses conseillers *scientifiques* : neutraliser les missiles nucléaires qu'elle a permis de construire.

Ce n'est pas demain la veille.

Roger Godement

---

[56] On aurait pu ajouter que la « vaste armée » comprend parfois les auteurs des découvertes géniales, et que leur éthique ne diffère pas de celle de la masse de la population…

Janvier 1989

Les origines des armes chimiques

Le texte qui suit est un développement d'un exposé au Colloque "Vers l'abolition des armes chimiques", Paris, 6 janvier 1989, organisé par le Collectif de Scientifiques pour le Désarmement Nucléaire et l'Association des Médecins Français pour la Prévention de la Guerre Nucléaire.

Les citations sont le plus souvent des acteurs eux-mêmes ou sont issues des documents officiels de l'époque, extraites notamment des ouvrages suivant :

- L. F. Haber, *The Poisonous Cloud* (Oxford University Press, 1986) noté ci-après [Haber]. Ce livre fondamental s'appuie systématiquement sur une quantité massive de sources primaires.
- R. Harris et J. Paxman, *A Higher Form of Killing* (Granada Publishing, 1983), noté ci-après [HFK] dans la suite. Les auteurs ont exploité une grande quantité de documents officiels américains et surtout anglais en vue d'une émission de la BBC.
- G. Hartcup, *The War of Invention. Scientific Developments 1914-1918*, (Brassey's Defence Publishers, 1988), noté ci-après [Hartcup]
- E. M. Spiers, *Chemical Warfare* (Macmillan, 1986), noté ci-après [Spiers]

R. G. [@2011]

Déjà présente dans l'Inde vingt siècles avant notre ère, l'idée d'utiliser des gaz ou fumées toxiques lors d'opérations militaires est, comme beaucoup d'autres, aussi ancienne que la "civilisation". Thucydide en mentionne l'usage en -459 au siège de Platée où les Spartiates font brûler un mélange de poix et de soufre sous les murs de la cité. En 1456 les défenseurs de Belgrade repoussent les Turcs grâce à des fumées dont on ignore la composition. Léonard de Vinci, auquel les militaires doivent beaucoup d'idées géniales quoique ou parce que prématurées, propose un obus rempli d'une poudre de soufre et d'arsenic. On peut admirer quelques-unes de ses édifiantes peintures au Musée du Louvre. Il y a ensuite, semble-t-il, un intervalle de trois siècles pendant lequel on ne pense plus aux hommes comme à des rats à exterminer.

Les formidables progrès de la chimie à partir de la fin du XVIIIe siècle [1] conduisent bien avant 1914 à la découverte de substances incomparablement plus toxiques que ce qu'on connaissait jusqu'alors, notamment le chlore (Scheele vers 1770), le phosgène ($COCl_2$, Davy en 1810), le « gaz moutarde » [Guthrie, 1860] et nombre de produits lacrymogènes. Mais il ne s'agissait aucunement, à l'époque, d'en faire des gaz de combat. Même en tenant compte des aspects militaires du secteur des explosifs ou de la chimie des métaux et alliages, le développement de l'industrie chimique au XIXe siècle est fondamentalement civil, à la différence de ce qui passera au siècle suivant dans des secteurs tels que l'aéronautique, l'électronique, l'informatique, le nucléaire qui auraient vingt ou trente ans de retard sans les incitations militaires.

[1] Voir avant tout L. F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century* (Oxford University Press, 1958 et 1969) et *The Chemical Industry, 1900-1930* (Oxford University Press, 1971). A l'inverse de Haber qui cite toutes ses sources, la récente *Histoire de la Chimie* de Fred Aftalion (Masson, 1988), bourrée de faits bruts, s'abstient de toute espèce de référence à une quelconque documentation et ne contient pas d'index. C'est ce qu'avait fait Gustave Flaubert en écrivant Madame Bovary.

Le chlore en particulier devient l'une de ses substances de base et la BASF, vingt ans avant le reste du monde, produit dès 1890, pour les fabricants de chlorure de chaux (poudre à blanchir), de grandes quantités de chlore liquide en conteneurs cylindriques. Du côté des colorants synthétiques qui se développent à partir de 1850 environ en Grande-Bretagne et, prodigieusement, de 1870 en Allemagne – le pays domine le marché à 80 % à la fin du siècle [Haber, p. 128] –, on utilise (brevet Kern, 1883) le phosgène comme intermédiaire pour certaines fabrications [Haber] ; ses utilisations industrielles se sont depuis lors fort développées [2]. Le « gaz moutarde » ou sulfure de dichlorodiethyl ne sert apparemment à rien sauf, comme d'innombrables autres composés plus innocents, à occuper quelques chercheurs ; il est à nouveau étudié par l'allemand Meyer qui en 1886 observe ses propriétés vésicantes (on les oubliera, curieusement, jusqu'en 1917 [Haber, p. 117]) et son « extrême toxicité », cependant que l'anglais Clarke, élève du précédent, découvre en 1912 la méthode de préparation industrialisée pendant la guerre par la compagnie Bayer, célèbre par ses colorants, son aspirine et son véronal ; elle utilisera un intermédiaire fourni par la BASF et entrant dans la nouvelle méthode de synthèse de l'indigo mise au point par la compagnie en 1909 [Haber, p. 342, note 18 et p. 157 note 8].

Quelques isolés suggèrent, sans succès, des idées dont l'heure n'est pas encore venue. En 1856, pendant la guerre de Crimée, un officier de marine britannique propose d'enfumer les Russes au goudron et sulfure de carbone, mais son plan est jugé « trop barbare » (!) par le gouvernement et Faraday qui conseille celui-ci. A la fin de la guerre de Sécession, on propose sans succès l'emploi d'obus ou grenades remplis de chlore ou de composés arsenicaux. Durant la guerre des Boers les troupes anglaises utilisent des lacrymogènes comme, après

[2] Selon le rapport Défense B. et C. des Journées Nationales Science et Défense de 1983, « certains pays en produisent plus de 100 000 tonnes par an ». Le même rapport ajoute avec optimisme que « bien que techniquement dépassé, son utilisation en tant qu'agent de guerre chimique ne peut être totalement exclue ».

1912, la police française pour le contrôle des manifestations [3] [Haber, p. 15-21] ; en fait, les Français semblent avoir été les premiers à utiliser des armes chimiques en 1914 – mais il ne s'agissait que de lacrymogènes destinés à gêner l'ennemi et aux effets très passagers.

Vaguement conscientes des potentialités dans un domaine qui intéressera à peine ou pas du tout les militaires avant 1914, les grandes puissances signent à La Haye en 1899 et 1907 des conventions prohibant, entre autres, « l'usage de projectiles dont le seul objet est de diffuser des gaz asphyxiants ou délétères » puis, plus généralement, l'usage de « poisons ou d'armes empoisonnées » ; la France et l'Allemagne s'y rangent immédiatement, la Grande-Bretagne en 1907. Les États-Unis ne signent pas, l'amiral Mahan qui les représente ne voyant pas en quoi l'usage de produits toxiques serait pire que d'envoyer par le fond un navire et ses occupants comme on le fait couramment ; il faut reconnaître que, dans ces domaines, la casuistique est délicate. Prohibant des armes inexistantes et n'étant assorties d'aucune mesure de vérification ou de sanctions, ces conventions reposent entièrement sur l'honneur et le sens moral des signataires [Haber, p. 19] – honneur et sens moral dont les colonisés auraient pu savamment parler s'ils avaient été consultés : rappelons que le Soudan égyptien devint anglais à la suite d'une bataille où les mitrailleuses de Kitchener tuèrent en quelques heures 11 000 Derviches au prix de 45 morts du côté anglais. Churchill y verra, déjà, le « triomphe de la Science » sur la barbarie [4].

La Grande Guerre

Lorsque, dans des circonstances que personne ne contrôle ou comprend et dans une atmosphère de nationalisme délirant qui n'épargne ni les scientifiques ni les intellectuels, la guerre éclate

---

[3] Seymour M. Hersh, *Chemical and Biological Warfare* (Panther Modern Society, 1968), p. 3-4.

[4] Voir par exemple le chapitre 7 de Daniel R. Headrick, *The Tools of Empire. Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century* (Oxford U. P., 1981).

brusquement en août 1914. L'État-major allemand met en application le célèbre Plan Schlieffen, quelque peu atténué par von Moltke : écraser en quelques semaines les armées françaises grâce à un gigantesque mouvement tournant, puis anéantir les armées russes et accorder alors à la Grande-Bretagne la paix qu'elle sera bien obligée de demander au plus tard, estime-t-on, au début de 1915. Du côté opposé, on n'imagine également qu'une guerre victorieuse de quelques mois ne mettant en jeu aucune innovation technique, les charges de cavalerie restant même au programme malgré les mitrailleuses qui, depuis Maxim (1884), tirent 600 coups à la minute et sont efficaces à un kilomètre au moins. Personne, de toute façon, ne soupçonne que les immenses ressources potentielles des industries des belligérants permettront une guerre longue, et personne n'imagine qu'en temps de guerre, on peut forcer la population à consacrer 10 %, puis 20 %, puis 30 %, etc. du PNB à celle-ci [5]. Après 1918, on le saura et *a fortiori* après 1945.

Aucun des belligérants n'a donc jugé utile de prendre des mesures en vue d'une guerre longue. Du côté des Alliés, on découvre un peu tard que l'Allemagne a le quasi-monopole de nombreux produits chimiques et pharmaceutiques et d'instruments d'optique indispensables ; le cas de la Grande-Bretagne, qui ne produit que 10 % de ses colorants, présente des aspects comiques :

> « Il fallut Sir William Ramsay [prix Nobel de chimie] pour apprendre aux administrateurs civils [probablement nourris d'humanités classiques] que des substances apparemment aussi innocentes que le coton et le saindoux étaient des explosifs potentiels. » [6]

---

5 Ces questions sont lumineusement exposées dans G. Blainey, *The Causes of War* (Macmillan, 1973), notamment aux chapitres 3 et 14. Beaucoup d'autres conflits que la Grande Guerre y sont examinés. Sur la Grande Guerre, on peut aussi, bien sûr, consulter le livre bien connu de Pierre Miguel et, sur son déclenchement, la traduction française du best-seller de Barbara Tuchman, *The Guns of August : August 1914*. Il y a sûrement beaucoup d'autres références possibles dans les trois langues principales…

6 Cardwell, *The Organization of Science in England*, p. 221. L'innocence des administrateurs civils n'est pas nécessairement à porter à leur débit. Si la chose ne tenait qu'à eux, la guerre serait encore supportable.

En Allemagne, d'éminents industriels et scientifiques interviennent dès le début : Emil Rathenau, président d'AEG, Carl Duisberg, excellent chimiste et énergique président du cartel regroupant BASF, Bayer et Agfa (il se transformera en 1925 en I.G. Farben par adjonction de Hoechst, Casella et Kalle, une première alliance se nouant en 1916), l'ingénieur Carl Bosch (prix Nobel 1931), les chimistes Fritz Haber (prix Nobel 1919), Walther Nernst (prix Nobel 1920), Emil Fischer (prix Nobel 1902), etc. Ils font observer que le pays dépend entièrement des nitrates du Chili pour ses explosifs et que, dans ce domaine et beaucoup d'autres (caoutchouc, coton, pétrole, métaux rares. produits alimentaires, etc.), le blocus britannique risque d'avoir des conséquences catastrophiques si la guerre se prolonge au-delà de six mois.

Bien qu'irrités par l'intrusion de civils dans leurs affaires, les militaires allemands organisent un Bureau des Matières Premières, le « Büro Haber », dont la première grande tâche est de mettre sur pied, sous la direction de Carl Bosch, les énormes installations industrielles qui leur permettront de ne pas avoir à capituler pour cause de manque d'explosifs. Quelques années auparavant, Fritz Haber avait découvert son célèbre procédé de synthèse directe de l'ammoniac à partir d'azote et d'hydrogène et la BASF avait construit à grands frais, sous la direction de Carl Bosch, à Oppau, une première usine qui commença à produire en 1913 et vaudra à celui-ci et à Bergius un prix Nobel en 1931 ; on s'intéressait alors à la production des engrais azotés et non pas des explosifs. Mais pour passer des premiers à la fabrication des seconds, il fallait produire de grandes quantités d'acide nitrique et de salpêtre (nitrate de potassium), entreprise gigantesque à laquelle on accorde toutes les priorités comme au développement, tout aussi indispensable, de la production d'ammoniac. Sous la direction de Carl Bosch, elle permettra un an plus tard à l'industrie de « sortir les militaires de l'ornière » comme un chimiste l'écrira à Duisberg en 1919. Elle permettra aussi, accessoirement, de prolonger la guerre de trois ans – avec la même

défaite pour l'Allemagne et des millions de morts en plus de part et d'autre, sans parler du reste [Hartcup, pp. 34-36] [7].

Quant au Plan Schlieffen, les tranchées non prévues qu'on lui oppose dès octobre 1914 transforment la guerre en une « boucherie industrielle » sans issue. Les masses d'hommes qu'on lancera périodiquement des deux côtés pour percer le front – il restera stable à 10 km près jusqu'en mars 1918 – et/ou produire des communiqués ronflants sont régulièrement et très prévisiblement hachées par l'artillerie et les mitrailleuses. On pense très rapidement dans les deux camps (et d'abord en France comme on l'a noté plus haut) à utiliser des obus ou grenades lacrymogènes, mais les expériences sont décevantes des deux côtés et notamment, du côté allemand, sur le front russe en février 1915 : il fait trop froid et de plus le vent se retourne contre les arroseurs. Sir William Ramsay propose pour l'aviation des bombes remplies d'acide prussique – proposition rejetée avec d'autres comme contraire aux accords de La Haye bien qu'approuvée, déjà, par Churchill [Hartcup, p. 95 ; Spiers, p. 14].

Dès décembre 1914, Fritz Haber préconise l'emploi des cylindres de la BASF qui, munis de valves qu'on ouvrira devant les tranchées ennemies, noieront celles-ci dans un véritable nuage toxique, le *poisonous cloud*, qui sert de titre au livre de son fils. Le gaz choisi, le chlore, n'a malheureusement plus rien à voir avec les lacrymogènes ; mais l'industrie, dont la guerre a coupé les exportations, peut en produire des dizaines de tonnes par jour. Nernst, prix Nobel 1920, suggère aussi des bombes au phosgène mélangé à du chlore et lancées par des mortiers de tranchées ; Haber les expérimente en mars 1915 en présence de Duisberg qui échappe de peu à des ennuis pulmonaires sérieux [Haber, pp. 22-28]. En fait, ce sont les Anglais qui, les premiers, utiliseront cette technique comme on le verra plus loin.

Les recherches commencent pendant l'hiver 1914/15 au Kaiser-Wilhelm (depuis 1953 Fritz-Haber-Max-Planck) Institut de chimie physique à Berlin, que Haber dirige avec une grande autorité depuis

---

7 J. Borkin, *Die unheilige Allianz der I. G. Farben* (Campus Verlag, 1981), pp. 7-22.

1911, et se poursuivront pendant toute la guerre sur tous les toxiques possibles. Des douzaines de chimistes universitaires ou industriels collaborent aux expériences que les militaires observent. Tout le monde, à partir de 1916, sera placé sous statut militaire, Haber, qui traite directement avec l'État-Major, obtenant dès le début le grade de capitaine, plus tard de major, à une vitesse que l'armée allemande n'a jamais vue avant son cas. Cette promotion le place néanmoins en dessous des généraux professionnels qui refusent parfois ses suggestions et pour lesquels il semble avoir eu peu d'estime sur le plan intellectuel [8]. Ces relations difficiles ne sont pas spéciales à l'Allemagne [Haber, pp. 270-274 ; Hartcup, chap. 2] [9], et l'on reverra le même phénomène aux USA lors de la guerre suivante ; mais cette fois, les scientifiques refuseront l'uniforme et ne se laisseront pas impressionner par les épaulettes des généraux. Cela donnera, entre autres, la bombe atomique à laquelle les militaires ne prendront intellectuellement aucune part, résultat qui n'infirme aucune des deux opinions de Mumford que nous venons de rappeler dans la note 8.

L'objectif recherché est de réussir la percée décisive qui conduira les troupes allemandes jusqu'aux ports de la Manche. Le Haut Commandement désire respecter la convention de La Haye, est sceptique sur l'efficacité de la méthode qui suppose de longs préparatifs, et craint des représailles, le prince Ruprecht de Bavière remarquant avec un méritoire bon sens qu'à l'Ouest les vents dominants favoriseront les Alliés [Spiers, p. 15]. Les partisans des gaz, en premier lieu Haber, répondent à l'aide de quatre arguments qui se révéleront tous faux :

---

8 Il est certain que l'armée, « refuge des esprits de troisième ordre » comme l'écrira Lewis Mumford en 1936 dans *Technique et Civilisation*, abrite peu de cerveaux du niveau prix Nobel. A tort ou à raison, le même attribue la survie de la civilisation à cette circonstance.

9 Sur le cas américain, voir le chapitre IX du magnifique livre de Daniel Kevles, *The Physicists* (Knopf, 1977, trad. française chez Economica).

1) la crise des munitions justifie l'expérience puisque l'usage des gaz permet de passer à l'offensive (voire même d'emporter la victoire) sans recours massif à l'artillerie – mais l'expérience échouera et l'Allemagne surmontera la crise grâce au procédé Haber-Bosch ;

2) la convention de La Haye ne couvre pas le cas de gaz déchargés à partir de *cylindres* plutôt que d'*obus* – ce qui est littéralement exact mais légèrement cynique ;

3) Haber garantit l'incapacité des Alliés à produire de grandes quantités de chlore liquide – c'est exact en 1915, mais la guerre conduira par exemple la France à installer dans la région alpine des usines de chlore électrolytique non négligeables [Haber, p. 160] ;

4) sur le plan éthique enfin, Haber déclare que, « en raccourcissant la guerre, les gaz sauveront d'innombrables vies humaines » [10] – mais la guerre, malgré les gaz, durera quatre ans et fera dix millions de morts.

Les premières attaques à l'aide de cylindres de chlore devant les tranchées à Ypres les 22 avril 1915 (150 tonnes sur 7 km de front en dix minutes, formant un nuage de 10 à 30 m de haut dangereux sur plusieurs km de profondeur) et 24 avril 1915, provoquent la panique et 15 000 victimes, dont 5 000 morts, dans les rangs français, algériens, anglais et canadiens. Il est utile de noter que :

1) des prisonniers allemands (et notamment le « traître d'Ypres », condamné à 10 ans de prison en Allemagne pour ce fait en 1932 après que son nom eût été rendu public par le général français Ferry) avaient depuis plusieurs semaines révélé aux Alliés les préparatifs, d'ailleurs visibles d'avion – mais l'on ne prit aucune précaution, imaginant que les vents disperseraient facilement les gaz, le général Ferry, qui avait averti du danger ses supérieurs, étant démis de son poste [HFK, p. 4 ; Spiers, p. 16 ; Haber, p. 32] ;

10 Otto Hahn, *Mein Leben* (1968, Piper, 1986), p. 118.

2) les troupes allemandes, ralenties par leurs propres gaz car dépourvues de protection efficace, non préparées et en nombre insuffisant pour réussir la percée prévue, ne purent exploiter leur avantage : le Haut Commandement s'intéressait principalement, à l'époque, au front de l'Est et ne considérait les opérations à Ypres que comme une « diversion » [Spiers, pp. 15-16 ; Haber, pp. 34-35].

Après quatre autres « expériences » en mai, le front autour d'Ypres se stabilisa pour deux ans : mis à part un saillant allemand, on se retrouva à la case de départ mais avec une nouvelle arme qui, 70 ans plus tard, continue à empoisonner l'atmosphère à tous les sens du terme, arme d'emploi difficile, dépendant étroitement de conditions météorologiques trop capricieuses pour permettre une planification raisonnable et pouvant se retourner contre ses utilisateurs comme on le constatera expérimentalement à plusieurs reprises des deux côtés [Haber, pp. 88-89].

On envoie alors les experts et techniciens tenter d'autres expériences en Pologne dans des conditions physiques totalement différentes et avec un mélange de chlore et de phosgène qui sont, parmi les produits couramment employés, les seuls dont la pression de vapeur à la température ambiante soit suffisamment élevée pour réaliser des nuages toxiques [Haber, pp. 41-42]. Ici encore les résultats sont décevants malgré des pertes parfois énormes du côté russe, des sautes de vent gazant un millier d'Allemands pas plus préparés qu'à Ypres à exploiter une éventuelle percée [Haber, pp. 28-40 ; HFK, pp. 1-11].

Notons en passant, détail sinistre, que Mme Haber, chimiste de formation réduite par son époux au rôle de femme K.K.K., psychologiquement fragile et dégoûtée par des méthodes qui, dit-elle, « dégradent et corrompent une discipline qui avait ouvert à la vie de nouveaux horizons et ramènent la civilisation au niveau des tortures que les hommes disaient avoir oubliées depuis longtemps » [11], se

11 M. Goran, *The Story of Fritz Haber* (University of Oklahoma Press, 1967), pp. 71-72, qui ne cite pas ses sources et est à utiliser avec beaucoup de prudence, raison pour laquelle nous hésitons à reproduire les propos trop bien formulés qu'il attribue à Clara Haber – même s'il en a certainement conservé l'esprit.

suicide en mai 1915 lorsque Haber part diriger les opérations sur le front de l'Est ; il se remariera deux ans plus tard.

La « guerre des gaz », outre qu'elle déclenche chez les Alliés une prodigieuse révulsion populaire et un cyclone journalistique [Spiers, p. 18], y mobilise rapidement les chimistes – universitaires, ingénieurs et industriels – dont, en France, Moureu qui dirige tout, Grignard (prix Nobel 1912), Urbain qui met au point dès juin 1915 un procédé de fabrication du phosgène (mais l'industrialisation suivra très lentement), Job qui fait de même pour le gaz moutarde en 1917-18, ainsi que des médecins et physiologistes qui s'occupent des mesures de protection. Celles-ci resteront d'ailleurs longtemps inférieures à celles élaborées par les Anglais – apparemment les plus efficaces – et les Allemands [12] : entre 1915 et 1917, 17 % des gazés français meurent, contre 4 à 5 % des anglais ou allemands ; la proportion tombera partout à 2,5-3 % en 1918 [Haber, p. 244] [13]. Les chimistes alliés vont, comme leurs collègues allemands, élaborer des centaines de produits toxiques à base de chlore, de brome, d'acide cyanhydrique très utilisé par les Français en dépit du fait qu'il est nettement plus léger que l'air (0,69 g/l) et peu dangereux aux concentrations pratiquement réalisables à l'époque, d'arsenic suggéré en 1916 à Haber par Emil Fischer, etc. On voit même les Américains, vers la fin, penser à utiliser le *poison ivy* bien connu des innocents Européens qui se promènent en short dans les bois de Berkeley et autres lieux…

Dès le 25 septembre 1915, les Anglais, utilisant la technique Haber, déchargent à leur tour, à l'aide de 5 500 cylindres, 150 tonnes de chlore sur les lignes allemandes à Loos – avec les mêmes effets sur les troupes ennemies (et 2 500 Anglais en général légèrement atteints au cours des trois semaines suivantes, notamment parce que le vent

---

12 Haber puis Richard Willstaetter (prix Nobel 1915 pour ses recherches sur la chlorophyle) avaient mis au point dès la fin de 1915 un masque résistant au chlore et au phosgène.

13 Le blocus raréfiant le caoutchouc en Allemagne, les masques allemands finiront par être fabriqués en cuir, ce qui posera des problèmes d'étanchéité.

tourne, que des cylindres fuient ou que l'artillerie allemande a l'idée peu surprenante de bombarder les cylindres) et le même résultat final qu'à Ypres.

Du côté allemand, où l'on mise sur l'écrasante supériorité de l'industrie chimique et où Haber espère toujours réaliser à Ypres la grande percée, on utilise le 19 décembre 1915 un mélange de chlore et de phosgène, sans résultats appréciables car les Anglais, comme presque toujours prévenus de l'attaque par des prisonniers ou déserteurs, utilisent instantanément les masques relativement efficaces dont ils sont maintenant munis : sur 25 000 hommes attaqués, seulement 1 069 gazés dont 116 morts [Spiers, p. 21] [14]. Le phosgène est une arme beaucoup plus vicieuse que le chlore : liquide extraordinairement volatil à la température ambiante, à l'odeur très légère de foin fraîchement coupé, efficace en très faibles concentrations, provoquant en quelques secondes un collapsus relativement peu douloureux de la victime, il ne révèle ses vrais effets qu'après plusieurs heures – le blessé peut alors « se noyer dans le plasma de son propre sang » qui envahit ses poumons. Sa manipulation présente les plus grands dangers ; bien placé pour le savoir, Otto Hahn, dont il sera question plus loin, nous en dit ceci :

> « C'est une liaison chimique simple, mais effroyablement toxique. Jusqu'alors on n'avait jamais su clairement à quel point le phosgène est un poison extraordinairement puissant. II est plus fort que l'acide cyanhydrique. Vous en respirez une trace, et vous êtes mort. » [Hahn, p. 131]

Un officier allemand parlant du phosgène anglais dira, lui :

> « Le gaz avance lentement et furtivement au dessus du sol en une brume bleuâtre et tue tous ceux qui ne mettent pas leur masque devant leur visage à la vitesse de l'éclair avant de respirer. » [Spiers, p. 22]

L'utilisation des cylindres de gaz présente toutefois des inconvénients sérieux ; ils sont très lourds et encombrants (85 kg, 1,35 de long en moyenne) ; il en faut 6 000 pour la première attaque à

14 La précision de ces chiffres peut laisser le lecteur sceptique.

Ypres, le liquide étant amené en wagons-citernes ; leur mise en place demande des semaines (deux mois à Ypres) et ils peuvent être attaqués par l'artillerie adverse comme à Loos ; leur ouverture s'accompagne d'un sifflement révélateur (que le physicien anglais William Bragg, prix Nobel 1915, tente de supprimer, apparemment sans succès) ; enfin, le déclenchement de l'attaque suppose des conditions météorologiques très précises. On passe alors en France puis aussitôt après en Allemagne, lors de la bataille de Verdun, à des obus au phosgène ou à l'acide cyanhydrique en France, au diphosgène en Allemagne. Ils sont d'emploi plus sûr et plus facile que les cylindres et permettent de varier les gaz déversés ; mais ils demandent une extrême concentration d'artillerie pour être efficaces, un obus de 75 ou de 77 ne contenant que 600 g de produit environ, de sorte que, par exemple, le commandement français recommande « *des tirs précis sur des objectifs précis* » (souligné dans le texte). On s'en servira fréquemment pour neutraliser les batteries adverses, au grand dam des artilleurs qui, de toute façon, n'éprouvent aucun enthousiasme pour cette arme nouvelle imposée par des civils et qui complique grandement leur métier sans résultats décisifs [Haber, pp. 207-208, pp. 210-211].

La préférence que les Allemands, et eux seuls, accordent au diphosgène sur le phosgène est curieuse : le premier liquide est cent fois moins volatil que le second et donc moins dangereux, est plus difficile à préparer et consomme trois fois plus de chlore ; mais il rend plus facile les opérations de remplissage des obus, et sa densité étant à peu près la même que celle des explosifs habituels, son usage ne pose pas de problèmes balistiques sérieux. Néanmoins, il semble de l'usage d'obus au diphosgène par les Allemands – introduits précipitamment sans essais préliminaires suffisants – fut une « erreur » [Haber, pp. 86-87]. Il n'y a pas lieu de la regretter.

Les Anglais, quant à eux, utilisent à partir de septembre 1916 et surtout d'avril 1917 (Arras) des conteneurs d'une trentaine de litres lancés par des tubes de construction très simple, les *Livens projectors* inventés par un ingénieur de 25 ans. Dans un roulement de tonnerre

– les départs simultanés de dizaines ou centaines de pièces sont commandés électriquement –, ils permettent de déverser sur les lignes allemandes, en quelque dizaines de secondes, des milliers de litres de phosgène ; comme le note un témoin allemand, la méthode « combine les avantages des nuages de gaz et des obus à gaz » [Spiers, pp. 24-25]. On utilise aussi des mortiers tirant très rapidement des projectiles remplis de deux litres de liquide. Ces techniques permettent de réaliser des concentrations intenses et soudaines de produits toxiques sur des objectifs relativement bien délimités (villages occupés, batteries d'artillerie par exemple).

En juillet 1917, les Allemands inaugurent à Ypres les obus au gaz moutarde ou ypérite – en fait un liquide qui se vaporise lentement. Il attaque non seulement les bronches mais aussi la peau à travers les vêtements et peut demeurer virulent pendant plusieurs semaines ; les chimistes allemands, n'ayant pas eu le temps de procéder à des essais sérieux, découvrent à leur grande stupéfaction ces caractéristiques après usage. La ville d'Armentières, proche d'un secteur calme et non évacuée de ses civils, est bombardée pendant la nuit du 20 juillet : 6 400 blessés dont 675 civils [Haber, p. 249].

On utilise aussi, du côté allemand, de grandes quantités (8 000 t) de composés arsenicaux à partir de la même époque, soit sous forme d'obus, soit sous forme de fumées. Mais ces composés sont solides et doivent être employés sous forme de particules microscopiques pour en assurer la diffusion et leur permettre de pénétrer les filtres des masques à gaz ; cela pose des problèmes physiques fort compliqués et beaucoup moins faciles à résoudre sur le terrain qu'en laboratoire. Mais quand l'opération réussit, l'inhalation de ces particules, sans être mortelle, produit dans les sinus et la gorge des douleurs telles que la victime arrache son masque pour respirer de l'air (*id est* davantage d'arsenic, avec éventuellement du phosgène…), les attaqués éprouvant ensuite :

> « Une intense détresse morale… un complet abattement et une souffrance désespérée qui n'ont de contrepartie dans aucun autre type d'empoisonnement aux gaz. »

Ces symptômes disparaissent habituellement après quelques heures ou journées à l'air pur [Haber, pp. 115, 158, 225, 256].

Ces produits resteront longtemps les principales armes chimiques. La France et la Grande-Bretagne, puis les États-Unis après 1917, les développèrent avec des retards importants sur l'Allemagne ; comme le note Haber :

> « Au printemps 1915, les Anglais et les Français, désirant ardemment exercer des représailles, n'avaient aucune idée d'où ils pourraient obtenir les divers produits nécessaires à la guerre chimique. Les militaires ne savaient pas, au début, où s'adresser pour obtenir du chlore liquide, et il n'existait aucune association professionnelle dont ils auraient pu demander l'aide. » [Haber, p. 150]

Ce qui justifie, pour 1915, l'argument de Haber noté plus haut ; en fait, si les Allemands produisent 87 000 t de chlore pendant la guerre, les Anglais en produisent tout de même 21 000 t et les Français 12 000 t. La production française de phosgène, principalement par Poulenc Frères et la Cie des Accumulateurs Alcalins, ne démarre vraiment qu'au milieu de 1916 ; on en produira 15 700 t pendant la guerre, à comparer aux 1 400 t britanniques et aux 30 000 t de phosgène et diphosgène allemands. La fabrication du gaz moutarde (principalement par les Usines du Rhône en France) posa également beaucoup de problèmes, ni la France ni la Grande-Bretagne ne disposant des techniques et intermédiaires nécessaires pour appliquer la méthode allemande et devant se borner à la méthode initiale de Guthrie, plus compliquée et moins efficace ; on en produisit au total un peu plus de 1 900 t en France et de 500 t en Grande-Bretagne, contre presque 8 000 t en Allemagne. Le « gaz » ne fut introduit sur le front qu'en juin 1918 par les Français et fin septembre par les Britanniques. Les Français produisent aussi 4 160 t de cyanure d'hydrogène aux effets décevants [Haber, p. 261].

Avec ses immenses capacités industrielles, l'Allemagne, par contre, ignorait essentiellement ces difficultés. A elle seule, la BASF produit 23 600 t de chlore, 10 700 t de phosgène et 7 000 t de thiodiglycol, intermédiaire dans la fabrication de l'ypérite depuis longtemps utilisé

dans la synthèse de l'indigo. Bayer produit 14 000 t de chlore, 8 000 t de diphosgène et 6 700 t d'ypérite. Enfin, Hoechst, Agfa et Casella produisent en 1917-18 environ 8 000 t de composés arsenicaux, fabriqués en très faibles quantités par les Alliés [Haber, pp. 157-159].

Ces productions, et d'autres comme celle des explosifs, permirent aux entreprises des belligérants de prospérer – en 1919, les énormes usines et les vastes et impeccables laboratoires allemands feront l'admiration et l'envie des enquêteurs alliés – en dépit ou à cause de la disparition, pour l'Allemagne, des marchés extérieurs. Après nous avoir dit que « les Français négligèrent toutes les questions de coût et, au début, achetèrent tout ce qui était disponible à n'importe quel prix », Haber nous explique lumineusement le système allemand :

> « Les Allemands avaient un grand avantage sur leurs ennemis car beaucoup de produits chimiques nécessaires figuraient au catalogue des fabricants et étaient disponibles. Le Ministère de la Guerre était donc dans une position forte pour marchander, mais n'en profita pas. Les fournitures étaient commandées avec leurs spécifications et le Ministère faisait savoir à quel prix il était disposé à les payer. On laissait aux entreprises de la chimie le soin de f ixer entre elles les détails. Elles choisissaient habituellement un seul producteur, soit parce que la compagnie disposait d'un excédent de capacité ou produisait au coût le plus bas (ou les deux) et donc avec le profit maximum. De la sorte, tout le monde était content. Les dépenses en capital étaient généralement réduites et ne constituaient pas un sujet de désaccord. »

Ajoutons que l'industrie allemande avait une forte tendance à garder ses procédés de fabrications secrets même à l'égard des chimistes gouvernementaux, et même à l'égard de Haber en ce qui concerne la synthèse industrielle de l'ammoniac [Hartcup, p. 105, citant un rapport anglais de 1919].

Les seuls problèmes sérieux de fabrication rencontrés des deux côtés concernèrent la mise au point et le remplissage d'obus adéquats. Il faut maximiser leur capacité en produits toxiques, en assurer l'étanchéité, les faire exploser de préférence avant qu'ils ne s'enfoncent dans le sol alors qu'on ne dispose pas encore de « fusées de proximité » fiables, tenir compte d'une répartition différente des

masses, etc. Quant au remplissage des obus, il donne lieu, surtout à propos de l'ypérite, à beaucoup d'accidents : on en compte 1 200 entre juin et décembre 1918 dans une usine anglaise de gaz moutarde et les conditions ne sont pas meilleures en France à Salaise et Pont de Chaix où l'on emploie des femmes, des soldats réformés, des prisonniers et, déjà, des travailleurs immigrés. Bayer, de son côté, refuse purement et simplement d'y procéder et laisse ce soin aux militaires (qui se reposent sur Haber et son équipe) dans des installations employant des femmes et des soldats évacués du front [Haber, pp. 164-166, 190-191, 250-253 ; Spiers, p. 27]. Il y a aussi les innombrables problèmes, sans cesse renouvelés, que pose la mise au point d'appareils de protection résistants, efficaces, étanches, n'incommodant pas les soldats, etc. Il n'est par exemple pas évident de produire pour ces masques des hublots dont la qualité optique permette aux soldats de viser avec exactitude, non plus que de veiller à ce que ceux-ci prennent soin de tenir leurs masques en bon état et observent les consignes de protection [Spiers, 28-29].

On estime qu'en 1918 la guerre des gaz utilisait de 20 à 30 % des obus, parfois 50 % du côté allemand ; une offensive anglaise, qui fut anticipée par la dernière grande offensive allemande, prévoyait de déverser 6 000 tonnes de phosgène, chlore et chloropicrine en douze heures de bombardement ininterrompu à l'aide de 200 000 cylindres installés sur des trains de wagonnets – mais la grande offensive allemande de printemps, avec ses déluges d'ypérite et d'explosifs, arriva avant le déclenchement de l'opération [HFK, p. 30 ; Haber, pp. 220-221]. Le formidable développement de la production alliée et particulièrement américaine aurait conduit, en 1919, à des « scénarios apocalyptiques », pour nous exprimer comme L. H. Haber : aux USA, douze cents scientifiques et ingénieurs participent aux recherches à l'American University près de Washington, et en novembre 1918 Edgewood fabriquait déjà 30 t d'ypérite par jour [15] alors que Bayer, en 1918, en produit en moyenne 640 t par mois. Pour la première mais non la

15 G. F. Whittemore, Jr., *World War I, Poison Gas Research and the Ideals of American Chemists* (Social Studies of Science, 1975), pp. 150-1.

dernière fois, on s'aperçoit qu'il serait plus prudent de ne pas obliger l'Amérique à passer à l'action.

Le nombre des victimes de la guerre des gaz n'est pas connu avec précision, les rapports de l'époque laissant souvent à désirer ou étant inaccessibles (cas de la Russie). Sur le front de l'Ouest il faut compter au minimum 500 000 victimes dont 18 000 morts quasi immédiates et enregistrées, les trois quarts datant de 1918. Les estimations relatives au front de l'Est sont incontrôlables, l'auteur de la principale étude (1937) ne citant pas ses sources et fournissant des chiffres d'une précision ridicule : 475 340 victimes russes, 91 198 morts au total de la guerre des gaz [Haber, pp. 242-243]. On ne semble pas non plus connaître le nombre de ceux qui sont morts des gaz plusieurs années après la guerre, ou qui ont éprouvé durant toute leur vie des troubles de la gorge, des bronches ou des yeux – ou psychologiques.

Impressionnants en valeur absolue, ces chiffres sont faibles en comparaison du total des victimes de la guerre : peut-être 15 millions de morts, blessés, disparus ou malades sur le front de l'Ouest ; il faut toutefois noter qu'en 1918 les gaz sont responsables d'environ un tiers des victimes américaines, mal préparées. Dans le cas anglais, on ne comptait en mars 1926 que 683 gazés recevant des pensions, alors que 65 000 anciens combattants étaient encore en traitement dans les hôpitaux psychiatriques pour *shell shock*. Mais comme l'ajoute notre source :

> « Ce que ces proportions reflètent n'est pas le caractère "humain" des gaz mais le rôle limité et dans une large mesure auxiliaire qu'ils jouèrent sur le champ de bataille. » [Spiers, p. 32]

Sauf en Italie lors de la bataille de Caporetto et dans une certaine mesure lors de l'offensive allemande du printemps 1918 qui s'appuyait sur des plans de tir d'obus à gaz très sophistiqués [Haber, pp. 210-217], l'utilisation des gaz ne permit aucune percée décisive d'un côté ou de l'autre ; les mesures de protection et l'entraînement des troupes, quoique jamais suffisants, s'étaient suffisamment développés pour en limiter beaucoup l'effet. En fait, l'une des principales utilités des gaz fut soit de neutraliser les batteries adverses, soit de saper le

moral et l'efficacité des soldats visés, obligés de conserver pendant des heures des masques très inconfortables. Comme le note L. F. Haber, qui paraît souvent regretter le manque d'organisation de toute cette affaire – on se demande ce qu'eût été une guerre des gaz bien organisée –, « les gaz posèrent beaucoup plus de problèmes qu'ils n'en résolurent ». D'autres feront, plus tard, la même observation à propos des armes nucléaires.

Le front fut finalement rompu par les tanks alliés – l'une des grandes innovations de la guerre –, par la puissance industrielle combinée des vainqueurs et par l'effondrement du moral allemand consécutif aux pertes en vies humaines – l'enthousiasme de Walther Nernst par exemple, qui participa au développement des premiers carburants synthétiques allemands, faiblit beaucoup lorsqu'il perdit deux de ses fils et constata sur place, en 1917, les énormes capacités américaines… – et aux restrictions de moins en moins tolérables que le blocus imposait à la population civile en dépit des efforts des chimistes pour produire des ersatz. L'utilisation massive des gaz en 1918, en ralentissant l'avance alliée, évita certes à l'armée allemande la déroute – mais non la défaite finale.

Otto Hahn, qui découvrira en décembre 1938 la fission de l'uranium, a relaté dans son autobiographie son expérience de la guerre des gaz. Il avait trouvé asile en 1912, avec sa fidèle Lise Meitner – la « Madame Curie allemande » –, au Kaiser Wilhelm Institut de chimie à Berlin et était déjà internationalement connu par ses travaux de radiochimie. A la déclaration de guerre, il est mobilisé comme fantassin puis appelé en janvier 1915 par Haber qui lui annonce la constitution d'une troupe spéciale de guerre des gaz à laquelle vont appartenir aussi James Franck (futur auteur du célèbre *Rapport Franck* de 1945 contre l'emploi de la bombe atomique) et Gustav Hertz (futur collaborateur atomique des Soviétiques après 1945) qui, en juillet 1915, sera gravement attaqué sur le front russe par ses propres gaz : encore trois futurs prix Nobel, plus divers autres scientifiques un peu moins illustres. Pendant toute la durée de la guerre, Hahn, Franck et Hertz vont aller diriger des attaques sur le

front, revenir à Berlin ou dans les usines de production pour y expérimenter les nouveaux gaz, voire même remplir eux-mêmes de phosgène liquide quelques centaines de grenades, examiner les moyens de protection mis au point par d'autres prix Nobel passés ou futurs comme Willstätter et Wieland, Hahn et Franck servant à l'occasion de cobayes volontaires avant de retourner au front, etc. Lors de sa première intervention sur le front russe en juin 1915 (chlore et phosgène), Hahn éprouve un « sentiment de honte » à la vue des mourants [Hahn, p. 120], essaie d'en sauver quelques-uns avec son appareil et dira, un an avant sa mort à 89 ans :

> « Cela nous montra la complète absurdité de la guerre : on essaie tout d'abord d'éliminer [*ausschalten* – littéralement : mettre hors circuit] l'inconnu dans la tranchée ennemie, mais lorsqu'on est en face de lui, les yeux dans les yeux, on ne peut plus en soutenir la vue et on voudrait l'aider. Mais on ne peut plus sauver ces pauvres gens. » [Hahn, p. 132]

Mais en 1916 :

> « La perpétuelle fréquentation de ces puissants gaz toxiques nous avait si bien insensibilisés que nous n'avions plus aucun scrupule à les utiliser sur le front. » [Hahn, p. 122]

Pendant ce temps Lise Meitner, comme son homologue française, sert dans les services de radiographie sur le front, ce qui lui pose probablement moins de problèmes puisqu'il s'agit, pour elle, d'utiliser ses connaissances pour sauver des hommes et non pas pour les « mettre hors circuit ».

Polémiques entre chimistes après 1918

Entre autres conséquences, la Grande Guerre, pour la première fois depuis la Révolution, met des centaines de scientifiques au service des militaires – encore que, on l'a dit, les relations des premiers avec les seconds n'aient nulle part été très bonnes, non plus qu'avec les politiciens ; on ne sait s'il faut le déplorer comme semble

le faire parfois L. F. Haber, ou s'en réjouir compte tenu des appréciables résultats déjà obtenus dans ces imparfaites conditions…

Il est donc naturel que la guerre provoque dans la « communauté scientifique internationale » une spectaculaire rupture motivée en grande partie par la participation de nombreux chimistes allemands à la guerre des gaz, ainsi que par l'arrogance de ceux qui ont signé en 1914 le tristement célèbre *Manifeste des 93* [16] et plus généralement par l'épidémie de nationalisme qui, des deux côtés, n'épargne guère plus d'esprits bien après la fin des hostilités qu'à leur début. Même Einstein, que son pacifisme a fait honnir de toute l'Allemagne, se verra boycotter par l'Académie des Sciences de Paris en 1922. A l'inverse, épisode prodigieux pour l'époque, deux officiers français en grande tenue et une femme du monde qui l'ont reconnu dans un restaurant de Reims se lèvent et le saluent en silence lorsqu'il quitte la salle pour aller visiter les champs de bataille avec Langevin [17].

Fritz Haber, très démoralisé depuis l'automne 1917 par l'échec de ses méthodes et l'inéluctabilité de la défaite [Haber, pp. 278-279] et figurant sur une liste de 900 « criminels de guerre » auxquels il n'arrivera rien, commence par se réfugier temporairement en Suisse, comme Carl Duisberg dont les usines ont fabriqué les gaz. L'Académie de Stockholm vient bientôt au secours du premier en lui attribuant en 1919 le prix Nobel de chimie pour sa synthèse de l'ammoniac ; on imagine le scandale dans l'autre camp qui avait, certes, produit les mêmes gaz qu'Haber, mais après lui, ce qui ôtait bien sûr toute responsabilité aux chimistes alliés. Haber avait lui-même observé, avant sa première attaque au chlore, que les Français avaient déjà utilisé des gaz lacrymogènes : on trouve toujours quelqu'un qui a « commencé le premier ».

Comme l'écrit son fils :

---

16 Texte complet dans K.J. Heilbronn, *Une conscience déchirée : Max Planck* (Belin, 1988).

17 Ronald Clark, *Einstein, sa vie et son temps*, éd. Payot, chapitre 11.

> « Haber ne se rétracta jamais : il n'avait pas conscience d'avoir violé des conventions ou des règles. II avait fait ce qui était dans le meilleur intérêt du pays. »

Théorie douteuse à en juger par ses résultats. Il défendra encore les gaz en 1927 dans ce que le même auteur appelle « un morceau de propagande revancharde » [Haber, p. 291 et 383]. En fait, les gaz ont aussi trouvé nombre de défenseurs du côté allié, notamment des chimistes, ce qui conduit le fils à écrire que, si son père ne les avait pas introduits, l'autre camp l'aurait certainement fait [Haber, p. 280]. L'histoire-fiction étant un exercice ingrat, nous nous abstiendrons de donner un avis sans pour autant nous faire énormément d'illusions compte tenu d'autres expériences ultérieures dues à d'autres acteurs ; peut-être l'initiative de Fritz Haber a-t-elle seulement permis aux chimistes d'en face de surmonter leurs inhibitions, ce qui serait déjà beaucoup.

Nombre d'acteurs ou témoins observent que les dégâts infligés par l'artillerie classique n'étaient pas moins atroces et, en fait, tuèrent beaucoup plus de combattants que les gaz non seulement en valeur absolue, mais aussi proportionnellement aux blessés. Le chef des armes chimiques américaines par exemple prétend en 1919 que « les gaz sont douze fois plus humains que les balles et les explosifs ». Un de ses successeurs reprendra le même argument en 1961 [Hersh, p. 211] sans aller toutefois, semble-t-il, jusqu'à l'étendre aux nouveaux neurotoxiques, et à lire Haber et Spiers on a souvent l'impression que ces auteurs froidement objectifs le reprennent à leur compte contrairement à Harris et Paxman – journalistes à la BBC ayant fait leur *homework* et non pas historiens professionnels – qui insistent sur l'horreur des gaz.

Le français Charles Moureu publie en 1924 *La chimie et la guerre : la science et l'avenir* [sic] qui, après avoir traité les Allemands de barbares, ne s'embarrasse plus de considérations éthiques, ce qui était peut-être aussi bien puisqu'à tort ou à raison on soupçonne les Français d'avoir, à cette époque, utilisé des gaz au Maroc. Aux États-Unis, W. Lee Lewis, auquel on doit la *lewisite* (composé arsenical

possédant des propriétés vésicantes analogues à celles du gaz moutarde et agissant beaucoup plus rapidement, mais arrivé après la bataille), écrit en 1922 que les gaz sont :

> « L'arme la plus efficace, la plus économique et la plus humaine connue de la science militaire. »

Un autre américain les voit rendre la guerre impossible :

> « La guerre des gaz, l'arme de destruction massive [*mass murder*] finale et consommée, peut nous faire entrer dans le millenium, car la guerre ne sera plus une joute héroïque d'esprits, de courage et de prouesses, mais une folle mêlée d'annihilation mutuelle. »

En attendant ces lendemains paradisiaques que promettent aussi, de leur côté, les aviateurs qui pensent déjà au futur matraquage des cités avec ou sans gaz [18] – la liste des armes qui ont rendu la guerre impossible comprend pratiquement tout ce que l'on a inventé de l'arbalète à la bombe à neutrons –, les chimistes américains, et d'autres aussi sans doute, profitent de la guerre pour renforcer leur prestige professionnel et les moyens dont ils disposent [Whittemore, pp. 155-160]. Les physiciens feront de même après 1945.

Dans *Callinicus : A Defence of Chemical Warfare*, le physiologiste et généticien anglais J.B.S. Haldane, qui conseillera les Républicains espagnols sur la protection contre les gaz et a observé à de nombreuses reprises leurs effets sur le front, accuse en 1925 ceux qui veulent distinguer les armes chimiques des armes conventionnelles d'être « les Pharisiens de notre époque » et prétend que la peur de la nouveauté est à l'origine de leur opposition. Il observe aussi que si l'on pouvait utiliser les forces atomiques, « aucune autre entremise que celle de l'intervention divine ne pourrait sauver l'humanité d'une annihilation complète et absolue » ; il est de fait qu'après les chimistes viendront les physiciens. Le chimiste anglais Sir William Pope, lui, accuse les opposants de vouloir « abolir un instrument de

---

18 Sur ce sujet, voir le superbe livre de M. S. Sherry, *The Rise of American Air Power : The Creation of Armageddon* (Yale University Press, 1987).

guerre très humain, quoique nouveau » et estime que les gaz pourraient devenir « le seul facteur décisif dans les guerres futures ».

Comme le note L. F. Haber, ces écrits ne préconisent aucune modération même à l'égard des civils [HFK, p. 34 ; Haber, p. 293 ; Spiers, p. 39].

Plus près de nous, lisons le chimiste américain James D. Conant mobilisé en 1917 dans le service des gaz américain où il dirige la mise au point d'un procédé de fabrication de l'ypérite ; il sera par la suite président de Harvard, puis dirigeant de la recherche atomique après 1940 et enfin Haut-Commissaire américain en Allemagne. Il explique dans ses intéressants mémoires :

> « Je ne voyais pas en 1917, et je ne vois pas en 1968, pourquoi il vaudrait mieux déchirer le ventre d'un homme à l'aide d'un obus explosif que de l'estropier en attaquant ses poumons ou sa peau. Toute guerre est immorale. Logiquement, seul le pacifiste à 100 % a une position imprenable. Dès que celle-ci est abandonnée, comme c'est le cas lorsqu'une nation devient un belligérant, on ne peut parler raisonnablement qu'en termes de violations des accords relatifs à la façon dont la guerre est conduite, ou des conséquences de certaines tactiques ou armes. » [19]

Ce raisonnement, qui confond la position individuelle du « pacifiste » avec celle d'une « nation », est très confortable lorsqu'on a toujours été séparé des champs de bataille par un océan. Le présent auteur, qui a passé sa jeunesse entre les deux guerres dans un milieu d'anciens combattants de base pourtant peu portés aux subtilités dialectiques, se souvient fort bien d'avoir entendu parler de Haber comme de « l'homme à fusiller », certains préconisant du reste le même traitement pour ses imitateurs alliés et paraissant éprouver davantage de solidarité à l'égard de leurs compagnons de misère allemands qu'à celle de leurs propres chimistes. En dépit des théories des inventeurs ou organisateurs, il y avait chez ceux qui avaient subi les gaz comme on enfume les cafards une révolte proprement

19 Conant, *My Several Lives*, p. 49.

viscérale et donc peut-être « irrationnelle » comme semble le croire L. F. Haber, y compris chez le regretté Adolf Hitler, évacué par l'ypérite en octobre 1918 et peu suspect de sentimentalisme mal placé. Il est également clair que les journalistes de la Grande Guerre et les romanciers bien connus de l'après-guerre contribuèrent à renforcer ces réactions dans le public comme le pense Haber [Haber, pp. 229-238]. Il n'en reste pas moins que les arguments « rationnels » étaient apparemment de peu de poids auprès de ceux qui en avaient humé les effluves.

Bien entendu il y eut aussi, dès la fin de la guerre, des gens ou organisations appelant à l'abolition des armes chimiques, à commencer, dès le 29 novembre 1918, par les présidents des académies de Médecine et de Chirurgie britanniques. Sir Edward Thorpe, président de la British Association for the Advancement of Science, les considère comme « une dégradation de la Science » [Spiers, p. 38]. Hermann Staudinger, ancien collègue de Haber à Karlsruhe, professeur à Zürich de 1912 à 1926 et futur prix Nobel de chimie, publie en mai 1919 dans la *Revue Internationale de la Croix Rouge* un article où il demande à la Croix Rouge de lancer un appel contre l'usage des gaz ; il déclare que la chimie doit se borner, comme elle le faisait avant la guerre, à améliorer la condition humaine, qu'il ne faut pas la détourner à des fins inhumaines et que les chimistes ont le devoir d'informer leurs contemporains des effets de la guerre scientifique moderne ; inutile d'insister lourdement sur l'actualité de ces raisonnements. L'article provoque une « autojustification immodérée » de la part de Haber qui accuse Staudinger de conduite indigne d'un Allemand, réaction qui, nous dit son fils, contraste avec le « digne pacifisme » de Staudinger [Haber, p. 292]. Le fait que les arguments de celui-ci ressemblaient étrangement à ceux que l'on attribue à Clara Haber avant son suicide (épisode que ne mentionne pas L. F. Haber – nous ne le lui reprocherons pas ! – et dont le moins que l'on puisse dire est qu'il est fort mal documenté) n'est peut-être pas étranger à la violence de la réaction.

Certains des opposants aux armes chimiques, notamment en France, se font traiter de « pacifistes » au même titre que ceux qui, aujourd'hui, refusent les armes nucléaires – comme si refuser des armes de destruction massive revenait à refuser de se défendre, et comme s'il était nécessairement plus insultant d'être un vrai, ou faux, « pacifiste » que partisan, « la mort dans l'âme » comme ils disent, des armes de sauvage en question [20]. Il y a aussi une Ligue Internationale des Femmes pour la Paix et la Liberté qui, après avoir assisté à des démonstrations à Edgewood en 1924, se retourne contre les naïfs démonstrateurs et organisera en 1929 à Francfort une conférence à laquelle participeront Einstein, Langevin, Philip Noel-Baker, etc. [Haber, pp. 294-295].

Enfin, même dans les pays où l'on continue à étudier les armes chimiques, des militaires et politiciens peuvent être opposés à leur emploi sans être nécessairement opposés à la poursuite des recherches. C'est le cas aux USA du chef d'État Major et du Secrétaire à la Guerre après 1918, du général MacArthur après 1930, l'hostilité des Présidents successifs et particulièrement dé Roosevelt, qui s'engage publiquement en 1937 à ne pas en prendre l'initiative et la renouvellera en 1943, étant également bien connue. En Grande-

---

20 Sur les plans de guerre nucléaire américains, soviétiques, britanniques et même français depuis 1945, voir Desmond Ball et Jeffrey Richelson, eds., *Strategic Nuclear Targeting* (Cornell U.P., 1986). Un seul exemple suffira : le premier Strategic Integrated Operational Plan américain de décembre 1960 prévoyait, en cas de guerre contre l'URSS, d'attaquer en 24 heures 2 600 objectifs dans les pays socialistes (Chine inclusivement) à l'aide de 3 500 armes nucléaires, *id est* de plusieurs milliers de mégatonnes ; bilan escompté : entre 360 et 425 millions de morts (voir pp. 35-36 et 62), à une époque où l'on n'avait pas encore tenu compte de l'éventuel « hiver nucléaire » déclenché par une opération de cette envergure. Le nombre d'objectifs visés est maintenant de l'ordre de 8 000, mais il ne s'agit plus de tout démolir en 24 heures. Il est regrettable que les partisans du nucléaire militaire, particulièrement en France, ne mentionnent jamais ces « détails » probablement sans intérêt et se bornent à parler en termes très généraux. Le fait que les plans soviétiques ne soient probablement pas moins barbares ne change rien, bien au contraire, à l'opinion qu'on peut se faire des armes nucléaires, à savoir, et nous nous répétons, que ce sont des armes de sauvages (à ceci près que les vrais « sauvages » de Montaigne n'en ont jamais conçu la moindre idée).

Bretagne, et probablement aussi ailleurs, les militaires répugnent à intégrer les gaz dans leurs programmes d'entraînement et d'opérations, soit parce qu'ils les compliquent, soit parce que l'emploi des gaz « contredit plusieurs principes de base du code de conduite militaire » [Spiers, p. 39].

Pour en revenir à Fritz Haber, en fait d'être fusillé il retrouva très rapidement sa popularité dans la plupart des milieux scientifiques et fut invité dans de nombreux pays [Haber, pp. 308-312] [21] ; mais le sien lui réservait une désagréable surprise. Bien que d'origine juive, il s'était, comme d'autres, converti en 1907 après des échecs universitaires révélateurs. En 1933, les premières purges antisémites dépeuplent le laboratoire où il accueillait volontiers des Juifs, à la suite de quoi il envoie une courageuse protestation expliquant qu'il n'a « jamais choisi ses collaborateurs en fonction de la religion de leur grand-mère » [22]. Au cours d'une entrevue rituelle avec Hitler, Max Planck explique au Führer que Haber a inventé la synthèse de l'ammoniac sans laquelle l'Allemagne eût perdu la guerre dès le début ; Hitler lui répond : « Je n'ai rien contre les Juifs eux-mêmes. Toutefois les Juifs sont tous des Communistes. Ce sont les Communistes qui sont mes vrais ennemis ». Sans éclater de rire à l'idée que Haber pourrait être un « communiste » [23], Planck observe alors « qu'il y a toutes sortes de Juifs, certains de grande valeur et d'autres sans valeur pour l'humanité ». Le Führer lui répond « Ce n'est pas vrai. Un Juif est un Juif. Tous les Juifs collent les uns aux autres comme des sangsues », et se lance dans un discours qui atteint un tel paroxysme d'excitation que Planck se retire en silence [24]. Haber finit par démissionner et se

21 Haber donne beaucoup d'informations sur les carrières ultérieures, souvent fort brillantes, des principaux chimistes de la guerre des gaz.

22 *Dictionary of Scientific Biography* (Princeton U.P., nombreux volumes !), notice sur Haber.

23 Son fils nous dit : « he was a Prussian, with an uncritical acceptance of the State's wisdom, as interpreted by bureaucrats, many of them intellectually his inferiors » (p. 2).

24 J. Haberer, *Politics and the Community of Science*, Van Nostrand, 1969, p. 132, citant Max Planck, *Physikalische Blätter*, III, 1947, p. 143.

retrouva de l'autre côté de la Manche où, comme le dit son fils, le *old boys network*, le réseau des vieux amis, se mit en devoir de l'héberger, en l'occurrence au laboratoire de Sir William Pope, le pape universitaire du gaz moutarde et président après la guerre de la Chemical Society britannique. Le physicien Rutherford refusa quand même de se rendre à un dîner chez Max Born où Haber était présent et on entendit parfois des commentaires peu amènes. En mauvaise santé et brisé par l'émigration, Haber meurt à Bâle en 1934. Mais ce n'était pas fini.

En 1968, lors d'une cérémonie à Karlsruhe pour célébrer le centenaire de sa naissance – Haber est l'un des plus grands chimistes du siècle –, deux jeunes Allemands montent sur l'estrade et déploient silencieusement une banderole :

UNE FETE POUR UN ASSASSIN
HABER = PERE DE LA GUERRE DES GAZ

Laissons son fils nous décrire la scène dans le style concentré et *matter of fact* qu'il affectionne :

> « Il y eut un bref moment de complet silence, puis le président de séance dit quelques mots appropriés et apaisants, les jeunes gens disparurent aussi soudainement qu'ils étaient apparus et le conférencier reprit son exposé. Certains pensèrent que l'incident était une manifestation muette de l'activisme étudiant qui balayait l'Europe en 1968. D'autres s'indignèrent de ce qu'un évènement scientifique puisse être aussi inconsidérément perturbé. » [Haber, p. 1]

La seconde réaction n'étonnera pas ceux qui connaissent les sentiments qu'inspirent à la plupart des scientifiques les manifestations du type *Profanation de l'Hostie*. Le fils de Haber, présent, est interloqué et croit d'abord que le slogan est mensonger ou grandement exagéré. Ce sera l'origine de son livre super-documenté sur la guerre des gaz, et tout en y défendant son père à de nombreuses reprises comme il est naturel, il reconnaîtra quand même que compte tenu de son invention des « nuages

empoisonnés », « les militants de Karlsruhe avaient raison de l'appeler le père de la guerre des gaz » [Haber, p. 27]. Les militants de Karlsruhe l'avaient peut-être appris de leurs grands-pères, à défaut d'autres sources d'information.

On doit à Fritz Haber un principe que la guerre suivante et la guerre froide rendront populaire parmi les scientifiques qui y participeront :

> « L'intellect du militaire, entraîné au commandement des troupes, manquait de l'imagination technique nécessaire pour apprécier la conduite changeante de la guerre avec ses développements techniques. En l'absence de cette imagination, les préparatifs suivaient les lignes historiques. » [25]

D'un point de vue réaliste, cette théorie est peut-être justifiée lorsqu'on appartient au camp des vainqueurs. Mais la Grande Guerre eût-elle été plus catastrophique pour l'Allemagne – oublions les autres – si Haber, Duisberg, Bosch et leurs émules s'étaient bornés à laisser leurs militaires « suivre les lignes historiques » de leur art ? Ils ne pouvaient pas le deviner, certes, mais d'innombrables exemples antérieurs montrent que le déroulement d'une guerre ne correspond jamais aux prévisions et leur est même fréquemment (au bas mot une fois sur deux !) rigoureusement opposé [26].

La guerre, c'est le saut dans la nuit.

Activités chimiques après 1918

Sur un plan plus officiel que les discussions entre scientifiques, des officiers supérieurs s'inquiètent dès mars 1919 en Grande-Bretagne à l'idée que la Société des Nations pourrait prohiber les gaz ; ils notent qu'on pourrait les utiliser – lacrymogènes et moutarde – au cours de campagnes coloniales :

---

25 [Goran, p. 77] qui ne cite toujours pas ses sources. Notons que nous traduisons en français une traduction anglaise d'un texte vraisemblablement allemand…

26 Voir par exemple le livre de Blainey cité plus haut, qui *overkill* le sujet.

> « Quel que soit l'adversaire considéré, qu'il soit hautement ou à demi civilisé, il serait impensable d'engager nos troupes en campagne sans la meilleure protection possible contre les gaz, quels que soient les engagements antérieurement pris par l'ennemi. Nous devons par conséquent poursuivre la science et l'étude des gaz sous toutes ses formes, en premier lieu du point de vue de la protection, en second lieu des représailles. »

Churchill, secrétaire d'État à la Guerre et à l'Aviation, approuve immédiatement, l'on convainc facilement le Maréchal Foch qui désire se prémunir contre une formidable surprise. C'est seulement l'opposition des Américains – ils soupçonnent les Anglais d'arrière-pensées commerciales – qui empêche les deux autres alliés d'exiger le transfert de tous les procédés de production allemands, le traité de Versailles se bornant à interdire les fabrications et importations au vaincu.

Quant à l'emploi des gaz contre des ennemis « à demi civilisés », il ne s'agit pas d'une vue de l'esprit : Churchill et l'État-major l'approuvent en mai 1919 contre les tribus afghanes de la frontière nord-ouest de l'Inde (nous ignorons s'il s'agissait dans ce cas de « protection » et/ou de « représailles », l'état de l'industrie chimique afghane de l'époque ne nous étant pas connu). Mais les dirigeants britanniques de l'Inde et quelques membres du cabinet s'y opposent, craignant les réactions de leurs propres concitoyens et désirant d'abord tenter de prohiber cette arme peu populaire cependant que, sur place, des militaires estiment que l'emploi des gaz serait contraire aux traditions de « chevalerie » de la lutte contre les tribus révoltées (sabres contre mitrailleuses ?) [Spiers, pp. 37-39].

Peu après, le comité Holland, du ministère de la Guerre britannique, déclare n'avoir « pas l'ombre d'un doute quant à la légitimité des gaz » [Haber, p. 293] ; il préconise la poursuite des recherches au centre de Porton, créé pendant la guerre à cet effet, et l'emploi de scientifiques compétents, bien payés, assurés de la sécurité de l'emploi et autorisés à publier leurs découvertes non militaires, ces activités étant assistées par un comité de neuf chimistes éminents. On n'eût jamais aucune peine à les recruter en

dépit des divisions que la guerre chimique provoquait à l'intérieur de la « communauté chimique » nationale ou internationale [Spiers, pp. 34-39].

Sur le plan des conventions internationales, les vainqueurs interdisent bien entendu à l'Allemagne toute activité dans ce domaine et en profitent pour saisir de nombreux brevets dont leurs propres industries feront bon usage ; la guerre des gaz (entre autres) les avait de toute façon obligées à se hisser à un niveau proche des industries allemandes. On cherche rapidement à remettre en vigueur les accords de La Haye et, après quelques échecs, notamment à la conférence de Washington sur le désarmement pendant l'hiver 1921-22, la Convention de Genève de 1925, signée par trente-huit nations, prohibe l'usage (mais non le développement ou la fabrication) des armes chimiques et même biologiques. On commence en effet à penser à celles-ci, Churchill, le plus enthousiaste partisan des gaz au gouvernement britannique pendant la guerre, écrivant cette année-là :

> « Le charbon pour détruire les récoltes, l'anthrax pour massacrer les chevaux et le bétail, la peste pour empoisonner non seulement des armées mais des régions entières – telles sont les directions dans lesquelles la science militaire s'avance sans remords. » [HFK, p. 70]

Aux États-Unis, l'opposition du Chemical Warfare Service, de l'American Chemical Society qui déclare qu'en renonçant à ces « méthodes humaines » on retournerait aux « anciennes horreurs de la bataille », de dirigeants d'associations d'anciens combattants et d'une partie du Sénat oblige le gouvernement à se retirer de la convention jusqu'en 1975 [HFK, p. 45] ; le Japon fait de même jusqu'en 1970. La France, l'Italie, l'Allemagne et finalement la Grande-Bretagne ratifient la convention entre 1926 et 1930.

La guerre ayant toutefois montré qu'en dépit des conventions internationales, l'usage des gaz était parfaitement possible, on ne s'étonnera pas de voir que les vainqueurs, tout en détruisant les stocks de gaz existants et en démantelant la plupart de leurs installations, jugèrent préférable après 1918 de conserver une partie des arsenaux et

laboratoires militaires créés à cet effet (Porton en Angleterre, Edgewood aux USA qui recrute ouvertement en 1919, Le Bouchet en France) afin d'être prêts à reprendre très rapidement la production, et ce d'autant moins que les accords internationaux ne prévoyaient aucune mesure de contrôle, le problème semblant insoluble à l'époque (il ne l'est guère moins en 1988…) ; comme le dit L. F. Haber, « hors de la vue ne signifiait pas hors de l'esprit ». Tout le monde, dans les milieux militaires et politiques et parmi les populations, croit à une utilisation massive des gaz lors de la prochaine exhibition, et en fait on continue après l'Armistice à produire à toutes fins utiles des centaines de milliers de masques. Tous les stratèges de l'Air Power (Douhet, Mitchell, Trenchard, etc) préconisent des attaques aériennes aux gaz contre les villes afin de « briser le moral » de l'ennemi, comme ils disent dans leur jargon de meurtriers.

Tout en étant réduits à relativement peu de choses, les services de guerre chimique sont, après 1918, entourés d'un secret bien plus strict que les autres, les échanges d'informations entre Alliés cessant aussitôt [Haber, p. 288]. La brève histoire officielle de Porton, écrite en 1961 et « déclassifiée » en 1981 insiste sur la faiblesse des moyens mis à la disposition de l'établissement britannique qui ne peut guère qu'améliorer les « vecteurs » des armes chimiques, en particulier à l'usage de l'aviation. Elle indique aussi qu'après la Convention de Genève « tout développement effectif d'armes dut être fait sous le manteau », qu'on remplaça la « guerre » chimique par la « défense » chimique et que « tout le travail offensif fut effectué sous la rubrique "Etude des armes chimiques contre lesquelles une défense est requise" » [HFK, p. 47 ; Spiers, p. 47].

Hypocrisie mise à part, ce stratagème s'explique facilement : en présence d'un ennemi potentiel dont on ignore les activités, la prudence commande de se prémunir contre celles auxquelles il se livre ou pourrait théoriquement se livrer. En pratique, cela exige qu'on se livre soi-même aux activités en question même si, en fait, l'ennemi ne s'en préoccupe pas. S'il apprend ce qui se passe, il se met alors en devoir de passer à l'action à son tour, ce qui bien entendu

justifie pleinement la décision de l'innovateur. C'est la *worst-case analysis* des Américains et Soviétiques actuels, dialectique qui se mord la queue et ne peut qu'assurer la pérennité de la course aux armements comme on le constate depuis quarante ans.

Le cas de la France et de l'établissement du Bouchet n'a pas fait l'objet d'études récentes dans le domaine public, à notre connaissance tout au moins. C'est peu surprenant puisqu'il faut attendre largement un demi-siècle, comme en Grande-Bretagne, pour que s'ouvrent les archives (peut-être expurgées, et fort mal conservées d'après L. F. Haber) – après quoi il faut trouver des chercheurs pour exploiter un domaine moins à la mode que la vie amoureuse des Français sous Saint Louis. Peut-être, un jour, un jeune Américain en quête d'un sujet de thèse…

Entre 1923 et 1928, par l'intermédiaire d'un industriel douteux chargé de détruire des stocks de gaz, l'Allemagne aide les Soviétiques à se doter d'une petite capacité de production, le chancelier Streseman autorisant des essais conjoints en URSS [Haber, pp. 305-306] ; bien placés pour apprécier les effets des gaz depuis 1915 [Haber, p. 307] [27], les Soviétiques semblent prendre la « menace » très au sérieux et développeront systématiquement leurs mesures de protection et leur capacité de production de tous les produits connus [Spiers, pp. 54-55]. Les Japonais s'intéressent aux gaz (et aux armes bactériologiques) dès cette date aussi et, semble-t-il, les utiliseront en Chine après 1937, les Italiens faisant de même en Abyssinie en 1935-36 en provoquant un énorme scandale international [Spiers, pp. 89-104]. Les bruits qui courent sur les activités offensives allemandes dans les années 1920 semblent très exagérés, mais l'avènement du nazisme relance les recherches et ne contribue évidemment pas à faire baisser l'intérêt qu'on attribue à la guerre chimique. En 1935, le gouvernement anglais distribue à la population des instructions sur la conduite à tenir en cas de raid aérien et commence à distribuer par

---

[27] Haber signale aussi une tentative anglaise, peu réussie, d'utiliser des générateurs de fumées arsenicales en 1918 contre l'Armée Rouge à Mourmansk puis Arkangel.

millions des masques – inopérants contre les composés arsenicaux, détail tenu soigneusement secret sinon à l'égard des experts allemands qui n'ont probablement aucun mal à se procurer des masques anglais, du moins à l'égard des citoyens britanniques [Haber, p. 304 ; Spiers, p. 56]. A partir de 1935/36, on relance progressivement la production – particulièrement d'ypérite – à Porton, sans grand succès d'ailleurs en raison des objections du Trésor [Spiers, pp. 57-59]. La France construit une fabrique de phosgène à Clamency en 1936, les unités de production d'Edgewood aux États-Unis sont réactivées en 1937, on agrandit les usines britanniques et les Anglais et Français collaborent à partir de mai 1939, ce qui ne suffira du reste pas, à beaucoup près, à assurer que les Alliés soient prêts à toute éventualité.

Un rapport conjoint de la même date note :

> « On ne pense pas qu'un quelconque gaz important ait été découvert depuis 1918. » [HFK, p. 52]

Cet optimisme s'impose puisqu'en décembre 1936 Georg Schrader, qui étudie des insecticides organo-phosphorés chez Bayer, découvre par hasard et éprouve les effets bizarres (notamment sur son sens de la vision et sa respiration) d'un produit incolore et inodore qui le met hors combat pour trois semaines et qu'on appellera le tabun. Comme les physiciens nucléaires d'avril 1939, il s'empresse d'obéir à la loi nazie qui oblige tout auteur d'une invention intéressant la défense à la divulguer aux autorités : un bon citoyen n'obéit-il pas toujours aux lois de son pays, et peut-être – laissons lui le bénéfice du doute – n'avait-il pas le choix ? Il découvre en 1938 un produit encore plus toxique, le sarin, cependant qu'en 1944, le soman, dix fois plus puissant que le tabun, sera découvert par Richard Kuhn, prix Nobel de chimie en 1938 pour ses travaux sur les vitamines, lors d'études pharmacologiques sur les deux produits précédents : un train peut en cacher un autre. Les neurotoxiques, incomparablement plus efficaces que les produits de la Grande Guerre et qui bloquent le contrôle des

contractions musculaires[28], étaient nés ; on n'ose pas encore les appeler par leur vrai nom : *les anthropocides organo-phosphorés.*

Une fois de plus, l'initiative d'un scientifique – nous ne demanderions pas mieux que d'attribuer la découverte du tabun à Adolf Hitler, mais ce ne fut pas le cas – conduit à une nouvelle arme qui, sans jamais avoir encore, cette fois, été employée, empoisonne l'atmosphère jusqu'à nos jours, et probablement au-delà.

La Seconde Guerre Mondiale

Dès 1939, le commandant des troupes chimiques allemandes préconise l'emploi des gaz de la Grande Guerre contre « les concentrations industrielles et les grandes villes », mais n'est pas suivi. D'une part le recours aux gaz était inutile compte tenu de la rapidité de l'avance allemande, d'autre part l'Allemagne n'y était pas plus préparée que ses opposants ; en fait, chacun des deux camps surestimait grandement les capacités de l'autre, les Alliés à cause de l'industrie chimique allemande – mais les « vecteurs » n'avaient pas suivi –, les Allemands à cause des retards imposés par le traité de Versailles à leurs recherches [Spiers, pp. 62-66].

Cela n'empêche pas l'Allemagne de fabriquer les gaz de la Grande Guerre – on découvrira 70 000 ou 250 000 t d'ypérite en Autriche en 1945 selon les sources consultées. En ce qui concerne le tabun, seul neurotoxique industrialisé à grande échelle (pour le camoufler, les Allemands le baptisent Trilon comme un détergent bien connu), le chimiste Otto Ambros, l'un des dirigeants de l'I.G. Farben, est chargé

---

28 J. P. Robinson décrit comme suit les effets de ces toxiques : « les muscles volontaires entrent en état de vibration puis sont paralysés. Avec les muscles involontaires qui actionnent les vaisseaux sanguins et autres organes internes, le délicat équilibre entre l'activation et la désactivation des stimulations nerveuses est détruit. Les pupilles, la vessie et le tube digestif se contractent, le pénis entre en érection, les grandes lacrymales et salivaires secrètent et les battements du cœur se ralentissent. La cause de la mort, qui peut survenir en quelques minutes, est généralement une asphyxie consécutive à une paralysie des muscles respiratoires. » Science Journal (avril 1967), 33-40. Voir aussi le vol I de la série du SIPRI, qui reproduit à peu près le même texte.

en septembre 1939, après des essais concluants, d'édifier à Dyhernfurth, près de Breslau, une énorme usine d'une capacité de 1 000 t par mois – en fait, la production totale ne semble pas avoir dépassé 12 000 t – comprenant un centre souterrain de remplissage des obus et bombes ; les Nazis espéraient la transformer après la victoire en la plus grande usine de chlore d'Europe. La mise au point des opérations, très difficiles, demande plus de deux ans, certains des liquides utilisés étant très corrosifs et personne n'échappant peu ou prou aux effets du gaz malgré toute la ventilation du monde et le port de masques et de combinaisons caoutchoutées ; de nombreux accidents ne laisseront aucun doute sur ses terrifiants effets [HFK, pp. 53-59] indépendamment des expériences qui pourraient avoir été effectuées sur des déportés.

Ce n'est qu'après Stalingrad qu'Hitler, instinctivement très opposé aux gaz pour en avoir respiré lui-même [Spiers, p. 78], acceptera d'en envisager l'usage. La raison prévaudra, sous l'influence notamment de Speer, ministre de l'armement, et d'Ambros lui-même qui persuadent Hitler que des produits analogues sont déjà connus de l'autre côté [29] et qu'ils ont des raisons de craindre des représailles. Speer déclarera au procès de Nuremberg que tous les militaires raisonnables considéraient le projet comme de la plus haute folie en raison du peu de protection de la population [Spiers, p. 79] et de la supériorité aérienne écrasante des Américains ; il arrêta la production en novembre 1944 [Hersh, p. 9 ; Spiers, p. 79] [30] et dira même dans ses mémoires qu'il était prêt, au besoin, à saboter tout ordre de les employer.

Pas plus que les Nazis, les Alliés n'utiliseront les gaz lors de la guerre, mais ce résultat ne fut obtenu que d'extrême justesse en dépit

---

29 Il est de fait que l'autre camp connaissait quelque chose du même genre : le DDT.

30 On peut évidemment consulter les fort intéressants mémoires de d'Albert Speer, *Au cœur du Troisième Reich*, éd. Fayard, 1971. Il raconte qu'au début de 1945 il eût l'idée d'assassiner Hitler en introduisant du gaz dans le système de ventilation du bunker du Führer - mais celui-ci, avec son habituel sens de la divination, ordonna d'en relever de 4 mètres les orifices.

d'un discret accord de septembre 1939 entre les trois principaux belligérants de l'époque [HFK, p. 107]. Comme on l'a dit, des mesures de protection des populations furent prises dès l'ouverture des hostilités (voire même bien avant en Grande-Bretagne), et toutes les opérations militaires s'accompagnèrent de mesures analogues pour les troupes – la Grande-Bretagne fabriqua 70 millions de masques pendant la guerre, beaucoup plus que l'Allemagne apparemment [HFK, p. 107, Spiers, p. 79] – ainsi que du stockage d'armes chimiques à proximité des fronts. Un accident catastrophique se produisit dans le port italien de Bari le 2 décembre 1943 lorsqu'une attaque aérienne allemande coula dix sept navires et en particulier provoqua le déversement dans l'eau d'un stock d'ypérite qui, en se mélangeant à l'huile flottant à la surface, attaqua les hommes qui tentaient de surnager, plus des milliers de civils asphyxiés par les vapeurs [HFK, pp. 109-123].

La perspective d'une invasion allemande conduit en juin 1940 le chef d'état-major anglais à en préconiser l'emploi dans ce cas, notamment sur les plages de débarquement, en dépit des inconvénients évidents (réactions américaines et représailles possibles sur les cités) ; mais il retire son projet devant les protestations qu'il soulève. Toutefois, le 30 juin, Churchill, adoptant le même point de vue, demande un rapport sur les capacités anglaises et ajoute :

> « A mon avis il ne serait pas nécessaire d'attendre que l'ennemi adopte de telles méthodes. Il les adoptera certainement s'il les croit payantes. » [HFK, p. 111 ; Spiers, pp. 67-68]

Même quand la menace de l'invasion s'est éloignée, Churchill continue à insister constamment sur la production d'armes chimiques ; Porton s'emploie à inventer de nouveaux moyens de les utiliser (obusiers, bombes "volantes", charges anti-tanks, etc.) et Churchill annonce à la fin de 1941 à l'État-major que le pays est maintenant capable d'attaquer au gaz moutarde avec préavis de cinq heures [HFK, p. 114 ; Spiers, pp. 69-70].

En mai et juin 1942, Churchill puis Roosevelt adressent des avertissements sévères : Churchill avertit l'Allemagne qu'il utilisera les gaz sur ses 24 villes si la Wehrmacht les utilise sur le front soviétique, et Roosevelt adresse un message analogue (quoique moins virulent) aux Japonais à propos de la Chine. Les Allemands semblent avoir été de toute façon beaucoup trop effrayés par les capacités de représailles soviétiques pour se lancer dans l'aventure. Churchill et Roosevelt renouvelleront leurs avertissements en 1943, le second s'engageant au surplus à ne pas utiliser les gaz en premier [Spiers, pp. 73-78].

La question en reste là jusqu'au jour de juin 1944 où les premiers V1 commencent à s'abattre sur Londres. On respire, à tous les sens du terme, en constatant qu'ils ne transportent que des explosifs classiques. On examine aussi la possibilité d'utiliser les gaz en représailles soit sur les sites de lancement, ce qui ne promet aucun résultat substantiel, soit sur l'Allemagne, ce qui provoquerait des représailles en sens inverse, et les militaires adressent donc à Churchill un rapport négatif. Non convaincu, il adresse à l'État-major un mémorandum dont nous extrayons les passages suivants :

> « Je ne désire pas utiliser les gaz à moins qu'il puisse être prouvé que (a) c'est pour nous une question de vie ou de mort, ou (b) que cela raccourcirait d'un an la durée de la guerre. Il est absurde de considérer la moralité à ce sujet alors que tout le monde s'en est servi durant la dernière guerre sans un mot de plainte de la part des moralistes ou de l'Église. D'autre part, pendant la dernière guerre le bombardement de villes ouvertes était considéré comme interdit. Maintenant tout le monde le fait comme allant de soi. C'est simplement une question de mode qui change comme la longueur des robes des femmes. » [HFK, p. 127]

Churchill demande aussi une étude « de sang-froid » sur l'usage du gaz moutarde pour élargir les têtes de pont en Normandie et reprend les arguments de 1940. Comme après 1918, il note que presque tout le monde guéri d'une attaque aux gaz, que les explosifs classiques sont aussi cruels et plus mortels que les gaz et que si les bombardements de Londres devenaient vraiment inquiétants :

> « Nous pourrions noyer les villes de la Ruhr et beaucoup d'autres en Allemagne de telle façon que la plus grande partie de la population exigerait des soins médicaux constants. » [HFK, p. 129]

Fort heureusement, ni les militaires anglais ni Eisenhower ne se laissent convaincre par ces arguments, et à la fin de juillet Churchill, vaincu, reconnait qu'il ne peut tenir tête « à la fois aux pasteurs et aux guerriers. » [HFK, p. 134 ; Spiers, pp. 80-84]

Quant à l'Amérique, elle développe un gigantesque programme de production en prévision d'attaques japonaises possibles ; on apprendra après les évènements que, malgré ses exploits antérieurs en Chine, le Japon n'en avait ni les moyens ni l'intention. On ouvre une douzaine de centres de production et d'essais dont plusieurs sont bien connus aujourd'hui, tels le Rocky Mountain Arsenal, le Dugway Proving Ground, le Pine Bluff Arsenal, 60 millions de dollars, qui emploiera dix mille personnes à son maximum d'activité, ou Fort Detrick pour la guerre biologique. Roosevelt était fondamentalement opposé à l'usage des gaz – ce qui, tout autant que la peur des représailles, peut expliquer la modération des Européens – et aucune de ces armes ne fut utilisée, mais la décision d'y renoncer ne semble pas avoir toujours été évidente. Pour limiter les pertes américaines, on envisage le recours aux gaz lors de l'invasion d'Iwojima ; l'amiral Nimitz s'y oppose et présentera en 1966 sa décision comme l'une des plus difficiles qu'il ait eu à prendre pendant la guerre [31]. Le général Marshall y pense, plus tard, contre le Japon lui-même, ce qui provoque l'opposition de Churchill craignant d'y voir le signal qu'attendaient les Allemands. Roosevelt et l'amiral Leahy, en route pour Honolulu en juillet 1944, discutent de l'emploi d'armes bactériologiques contre les rizières japonaises ; Leahy le rejette violemment en déclarant :

---

[31] Pour montrer les ambiguïtés de la documentation, notons en passant que, d'après HFK, p. 135, citant des documents officiels, l'état-major américain et l'amiral Nimitz avaient recommandé l'usage des gaz à Iwojima mais que c'est Roosevelt qui s'y opposa catégoriquement ; il est clair que l'Histoire n'est pas une science aussi exacte que les Mathématiques… Voir aussi Spiers, pp. 84-86.

« Ce serait violer toutes les règles de l'éthique chrétienne dont j'ai entendu parler ainsi que toutes les règles de la guerre. »

Il ajoute que « l'ennemi répondrait en nature » [Spiers, p. 85]. Leahy fut aussi en 1945 l'un des rares dirigeants américains opposés au bombardement d'Hiroshima.

Finalement, la plus grande partie de la production américaine – 145 000 t d'après l'histoire officielle, Harris et Paxman en évaluant la valeur à 500 millions de dollars, chiffre trop rond pour être exact – sera jetée à la mer. (Noter en passant que les dollars de 1940 ne sont pas ceux de 1988 : le PNB américain, qui dépasse 4 000 milliards actuellement, passe de 100 milliards en 1940 à 200 en 1945 ; la construction de la bombe atomique coûte environ deux milliards). A ces activités chimiques s'ajoutent, du côté des Alliés et dans une certaine mesure des Japonais, des activités considérables dans le domaine des armes bactériologiques, notamment la production d'une grande quantité de bombes chargées de spores d'anthrax qui, inconvénient majeur, restent dangereux pendant des dizaines d'années comme on peut le constater dans le cas d'une île, au large de l'Écosse, dont l'accès était encore interdit 40 ans après les expériences de 1941 – mais ces activités sont hors de notre sujet [HFK, chapitre 4].

La conclusion qu'on est bien obligé de tirer de ce chapitre de l'histoire est que, d'une part, les belligérants avaient tous, sinon au début, tout au moins à partir de 1943 environ, les moyens de lancer les « scénarios apocalyptiques » que L. F. Haber nous a fait entrevoir à propos de 1919, mais que, d'autre part, la peur des représailles, surtout sur les cités, et l'existence d'autres armes aux effets moins aléatoires quoique non nécessairement moins horribles ont dissuadé les décideurs d'en prendre le risque.

On n'est pas obligé d'en déduire sans démonstration qu'il en sera toujours de même.

L'héritage nazi

L'entrée des vainqueurs en Allemagne en 1945 leur permet naturellement de découvrir un grand nombre de réalisations techniques allemandes et de mettre la main sur des stocks d'armes « révolutionnaires » et sur les scientifiques ou ingénieurs souvent de grand talent qui les ont développées, perfectionnées ou fabriquées ; on exerce ses talents où l'on peut et tous les goûts sont dans la Nature. Si l'on considère cyniquement avec John von Neumann – celui que les journalistes « bien informés » appellent, à tort, le « père des ordinateurs » – que l'alliance américano-soviétique de la guerre résulta de « l'heureux accident que deux ennemis (de l'Amérique, à savoir l'Allemagne et l'URSS) s'étaient pris de querelle » [32], on n'est guère surpris de voir les alliés occidentaux et les Soviétiques se livrer à une concurrence acharnée pour le partage des dépouilles nazies.

Les Américains, qui arrivent parfois les premiers dans des zones devant être attribuées à l'URSS par les accords antérieurs, s'empressent naturellement de se servir en experts, documents et matériel avant l'arrivée des troupes soviétiques ; de leur côté, les experts allemands ont une forte tendance à préférer les Occidentaux bien que les Soviétiques qui, au début tout au moins, les font travailler sur place, leur fassent fréquemment des offres plus intéressantes que l'autre bord, qui pour commencer se borne à les parquer [33].

Il existe aussi une forte concurrence, moins connue, entre les Occidentaux eux-mêmes comme viennent de nous le rappeler sous forme très impressionniste les *Mémoires sans concessions* d'Yves Rocard et, plus sérieusement, le livre de Tom Bower qui s'appuie sur une masse de papiers officiels anglais et américains récemment déclassifiés et utilisés, semble-t-il, avec passablement de précipitation.

---

[32] *In the Matter of J. Robert Oppenheimer* (AEC, 1954 ou MIT Press, 1971), témoignage de von Neumann, p. 651.

[33] Tom Bower, *The Paperclip Conspiracy. The battle for the spoils and secrets of Nazi Germany* (London, Michael Joseph, 1987), voir le chapitre VII.

Le cas de loin le plus connu et le mieux documenté depuis longtemps est celui de l'équipe de Werner von Braun en raison de son rôle ultérieur dans la « course à la Lune ». Mais les nouvelles armes chimiques allemandes n'intéressent pas moins les vainqueurs, et d'autant moins qu'ils n'en soupçonnaient pas l'existence et que leurs effets potentiels dépassent de très loin ceux des armes chimiques dont disposaient les Alliés : on frémit rétrospectivement à l'idée de V1 ou V2 chargés de tabun atterrissant sur Londres. Se déplaçant avec les troupes avancées, une équipe d'investigateurs américains découvre instantanément Georg Schrader qui leur dévoile les formules et propriétés du tabun et du sarin – mais ajoute que l'usine de Dyhenfurth a été capturée par l'Armée Rouge [Bower, p. 91]. L'inventeur du soman, Richard Kuhn, informera pour sa part en avril 1946 ses interrogateurs britanniques que les documents relatifs à ce gaz, cachés dans une mine près de Berlin, ont probablement été transportés à Moscou par un colonel soviétique [HFK, p. 139] ; une installation pilote de production avait au surplus été construite à Dyhenfurth après la découverte de Kuhn, au prix de grandes difficultés en raison notamment de l'usage de l'acide fluorhydrique dans le procédé de production.

Le sort d'Otto Ambros est intéressant à examiner. Mis à part la direction de l'usine de tabun à Dyhenfurth, il était accusé ou fortement soupçonné de complicité dans la construction des chambres à gaz d'Auschwitz et dans des expériences avec les neurotoxiques sur des prisonniers. Il fut donc placé comme plusieurs autres dirigeants de l'I.G. Farben sur la liste des criminels de guerre devant être jugés à Nüremberg. Alors que certaines équipes de juristes américains s'intéressaient à cet aspect du problème, les militaires, eux, s'intéressaient aux connaissances techniques sans se préoccuper de considérations idéologiques, ce qui provoqua des heurts et contretemps qui permirent à Ambros, après avoir beaucoup parlé aux Américains de ses activités chimiques, de s'échapper pour se retrouver chez lui à Ludwigshaffen. Le gouvernement militaire français le plaça à la tête de l'usine de l'I.G. Farben et attendit dix-huit mois avant de la livrer aux procureurs américains [Bower, pp. 92-

94] [34]. Cette histoire ne présenterait qu'un intérêt anecdotique si elle ne suggérait que les militaires français eurent, eux aussi, accès à ces trésors nazis dès la fin de la guerre. Qu'en firent-ils ? Nous n'en saurons sans doute rien avant l'ouverture des archives vers l'an 2000 au plus tôt, en espérant qu'elles aient été intégralement conservées. C'est bien commode pour les « responsables », qui peuvent toujours espérer mourir à temps. On s'excuse bien volontiers de la brutalité de cet énoncé.

Quoi qu'il en soit, il est clair que, *dès 1945-46, chacun des deux nouveaux camps en présence sait que l'autre sait tout* et, comme dans tous les autres domaines – atome, radar, aviation, engins et missiles, etc. – se met en devoir de se prémunir contre la « menace » adverse. On peut juger de la mentalité des militaires de l'époque en lisant par exemple un *Résumé sur la forme de la guerre à l'âge atomique* de décembre 1948 établi par les planificateurs militaires américains pour le général Eisenhower ; nous y trouvons les deux points suivants :

> « 33. L'ennemi tenterait, et probablement réussirait, une surprise tactique grâce à un effort à outrance pour neutraliser la puissance aérienne alliée ABC, *id est* atomique, chimique et biologique.
>
> 37. Les Alliés lanceraient une contre-offensive contre les forces offensives aériennes ABC ennemies en utilisant la puissance aérienne ABC alliée contre les bases d'avions et de missiles, les aires de stockage, les points de passage logistiques obligés, etc. » [35]

Nous ignorons si l'ennemi non désigné avait à la même époque les plans qu'on lui attribue si généreusement. Il n'a pas encore, hélas, ouvert ses archives, ce qui permet toutes les conjectures, bienveillantes ou malveillantes au gré du lecteur. Ajoutons que, dans les deux camps, l'existence de plans de guerre ne signifie pas nécessairement qu'on a l'intention de la faire : comme tout le monde,

---

[34] Bower cite des documents officiels britanniques – on aimerait consulter les documents français s'ils existent – et nous dit en outre (p. 94) qu'Ambros ne fut jamais jugé, mais aussi le contraire (p. 287).

[35] Texte complet dans Etzold et Gaddis, *Containment : Documents on American Policy and Strategy, 1945-1950*, Columbia UP, 1978, p. 343-357.

les officiers d'état-major s'occupent et l'une de leurs occupations réglementaires est d'échafauder des plans constamment actualisés pour « ne pas être pris au dépourvu » – ce qui ne s'est encore jamais vu, mais peu importe. La chose en resterait au niveau du divertissement intellectuel s'ils ne réclamaient en même temps, et obtenaient fréquemment, les matériels nécessaires à l'éventuelle exécution de leurs plans. On passe alors d'un exercice inoffensif à ce que l'adversaire potentiel perçoit comme une « menace » contre laquelle il doit, lui aussi, échafauder des plans de guerre et se munir des matériels nécessaires à leur éventuelle exécution. Le processus n'a aucune raison de s'arrêter.

Il est difficile, au présent auteur tout au moins, de pousser plus loin l'histoire des armes chimiques. On sait ou l'on croit savoir des choses, certes, mais après 1945 on entre dans une période où sévissent le secret et les confidences sélectives. Il est par exemple symptomatique que Spiers, après 1945, passe sans transition au rôle des gaz dans les conflits du Tiers Monde (Éthiopie lors des années 1930, conflit sino-japonais à la même époque, « pluie jaune » au Cambodge après 1975, l'usage américain des lacrymogènes et herbicides au Vietnam, sur lequel on dispose il est vrai d'une abondante littérature, ne méritant qu'une ligne dans un chapitre de 30 pages), puis à la situation actuelle des armes chimiques en URSS et dans l'OTAN avant de conclure sur les négociations de Genève et la dissuasion à l'égard des armes chimiques. D'où sortent les actuelles armes soviétiques ou de l'OTAN dont il nous entretient en grand détail ? Du cerveau d'Athéna ?

Harris et Paxman tentent de décrire la situation, mais ne s'appuient sur aucune documentation officielle et par conséquent n'aboutissent qu'à un exposé anecdotique et très flou. On nous dit qu'un accord de coopération USA-GB-Canada signé pendant la guerre reste en vigueur [36] et qu'après 1945 les recherches et essais sur

[36] La coopération implique aussi l'Australie. La Grande-Bretagne a décidé à la fin des années cinquante de cesser toute production d'agents chimiques et biologiques et de

les nouveaux neurotoxiques organophosphorés allemands ont été poursuivies énergiquement, particulièrement aux USA où les crédits et la main d'œuvre sont naturellement beaucoup plus abondants que dans une Grande-Bretagne ruinée par la guerre. En 1952-53, l'arsenal s'accroît d'un groupe de produits (le ou les VX) encore plus terrifiants que le soman de Richard Kuhn, d'une composition différente mais opérant sur le même principe et qui, à la différence des précédents, sont persistants : ce sont des liquides huileux traversant facilement la peau. Administrés par voie transcutanée si l'on ose ainsi s'exprimer, ils sont mortels dans 50 % des cas à la dose de 15 mg, contre 1 g pour les produits précédents. Ces produits sont découverts, indépendamment semble-t-il, aux Imperial Chemical Industries (ICI), le grand trust chimique anglais fondé en 1926, par Gosh qui travaille, lui aussi, sur des insecticides, par Schrader à nouveau chez Bayer et par Tammelin en Suède [37]. Le VX anglais est transmis aux USA où, après des essais concluants, on le produit en grandes quantités entre 1961 et 1967, la production du sarin – l'autre agent principal de l'arsenal américain – se terminant en 1957. En 1966, ces produits étaient disponibles dans toutes sortes de munitions – obus d'artillerie, missiles tactiques (Little John, Honest John, Sergeant), mines, bombes de 500, 750 et 1 000 livres pour l'aviation, etc. [Hersh, p. 46]. Un ancien directeur de la recherche du Chemical Corps déclare en 1960 qu'un missile chargé de sarin (GB) pourrait provoquer 33 % de *casualties* (blessés ? morts ?) dans un diamètre d'un mile et ajoute avec un grand bon sens que, sur une cité, l'opération ferait des milliers de victimes [Hersh, p. 49].

On étudie aussi à partir du début des années 1950 des agents psycho-chimiques destinés, comme leur nom l'indique, à perturber mentalement les victimes sans nécessairement les tuer. On examine en particulier le LSD et des produits analogues, mais leur emploi

---

détruire ses stocks, mais la coopération scientifique avec les USA n'a pas cessé pour autant.

[37] SIPRI, *The Problems of Chemical and Biological Warfare*, tome I (Almquist & Wiksell, 1971), pp. 74-75.

peut se révéler dangereux : les intoxiqués peuvent réagir de façon imprévisible, éventualité ennuyeuse si, par exemple, ils commandent de l'artillerie nucléaire. L'Amérique mettra tout de même au point un composé de ce type, le BZ [Hersh, pp. 53-59], mais ses effets sont, même dans ce cas, si imprévisibles qu'on en est train d'incinérer les munitions [38].

Un autre développement important est celui des armes binaires dans lesquelles deux composés « relativement peu dangereux » produisent, en se mélangeant lorsque l'obus ou la bombe qui les contient est lancé, un neurotoxique tel que le sarin ou le VX. La recherche-développement se poursuit aux USA, sans grande urgence, pendant les années 1950 et 1960, et commence à attirer sérieusement l'attention des gouvernants à la fin des années 1960, à la suite notamment d'un accident qui tue 6 000 moutons en 1968 au voisinage du Dugway Proving Ground et provoque des inquiétudes et protestations dans le public. Ces circonstances conduisent du reste le président Nixon, en novembre 1969, à interdire brusquement la fabrication des agents chimiques existants (*id est* non binaires) et à ordonner la destruction des stocks d'agents biologiques ainsi que la fermeture – ou reconversion civile – du célèbre établissement de guerre biologique de Fort Detrick. De 1974 à 1980, le Congrès refuse les crédits demandés par le Pentagone pour industrialiser les munitions binaires – obus de 155 et bombes Bigeyes –, puis accorde quelques millions en 1980 pour une usine mais refuse à plusieurs reprises la production des obus, etc. [Spiers, pp. 167-174]. Comme on le sait, la production et le déploiement en RFA sont finalement en cours depuis décembre 1987, au prix de plusieurs milliards de dollars, afin de moderniser un arsenal déjà trop ancien et d'améliorer la sécurité du transport et du stockage des munitions, nous dit-on.

Pendant toute la période d'après 1945, on développe et perfectionne aussi, aux USA et évidemment ailleurs, des mesures de défense contre les nouveaux neurotoxiques, ce qui implique des

---

[38] J. P. Robinson in *Chemical Weapons Convention Bulletin*, automne 1988, p. 14.

protections corporelles totales, étanches aux liquides mais non à la transpiration, suffisamment souples pour ne pas gêner les mouvements, ainsi que des masques beaucoup plus sophistiqués que ceux de la Grande Guerre et des moyens de décontamination efficaces des hommes, des véhicules et des armes [Spiers, pp. 167-174].

En 1969, comme on l'a dit, la production de tous les agents chimiques cesse mais bien sûr les stocks demeurent et restent utilisables après plusieurs décennies [Spiers, p. 163] [39] tout en étant soumis à des restrictions sévères par l'Environmental Protection Agency. Un tableau précis des produits et stocks américains, dû à J. P. Robinson, peut se trouver dans le *Chemical Weapons Convention Bulletin* n°2 (automne 1988) publié par la Federation of American Scientists sous la direction de Meselson et Robinson.

Sur la France, on ne sait rien de précis ou de documenté. Les gens du SIPRI considèrent depuis longtemps notre pays comme le troisième possesseur d'armes chimiques (quelques centaines de tonnes de neurotoxiques produits aux environs de Toulouse?) et les activités françaises dans le domaine de la protection sont bien entendu officiellement admises (voir le fascicule du colloque "Science et Défense" cité plus haut). Le président Mitterrand a récemment déclaré à l'ONU que la France n'avait pas de stock d'armes chimiques ; il serait intéressant de savoir si cela signifie que nous n'en avons jamais eu depuis 1945 ou que, par la suite, ils ont été détruits. Si oui, où et quand ?

Quid de l'Union Soviétique ? On ne s'étonnera pas de voir qu'en matière d'armes chimiques comme en beaucoup d'autres domaines le mystère, comme en France, semble régner et l'information se transformer en conjectures fluctuantes. Les satellites d'observation ne peuvent évidemment pas détecter les munitions chimiques, encore moins leur composition, aussi facilement que les silos de missiles ; c'est même là une des pierres d'achoppement de l'*arms*

---

[39] M. Meselson et J. P. Robinson, "Chemical Warfare and Chemical Disarmament", *Scientific American*, avril 1980.

control dans ce domaine. Il est évident, pour ne pas dire axiomatique, que l'URSS se lance dès 1945 dans un programme chimique considérable – production et protection – mais les détails historiques font, à notre connaissance du moins, à peu près totalement défaut. Dans le chapitre de vingt pages qu'il consacre aux capacités actuelles de l'URSS, Spiers se borne à quelques lignes sur les capacités soviétiques pendant la guerre – capacités qui, beaucoup plus que les armes alliées, effrayaient à juste titre les Nazis qui avaient tout fait pour exciter les Soviétiques – et sur l'importation d'usines et techniciens allemands en 1945 ; il se lance ensuite dans une description des capacités actuelles de l'Armée Rouge, lesquelles, cela va sans dire, sont sujettes à quelques incertitudes (les chiffres cités vont de 30 000 à 700 000 tonnes, la réalité semblant se situer dans les dizaines de milliers de tonnes). Comme d'autres, le même auteur note (p. 121) que pour l'URSS le développement des armes chimiques peut avoir été un moyen, si limité soit-il, de compenser la supériorité nucléaire américaine jusqu'au début des années 1970, et cette remarque de bon sens soulève, nous semble-t-il, un problème fondamental.

On nous a expliqué il y a 70 ans que les armes chimiques étaient « douze fois plus humaines » que l'artillerie traditionnelle. La comparaison qui, aujourd'hui, s'imposerait ferait intervenir non plus le TNT des chimistes, mais celui des physiciens, *id est* les armes nucléaires. Et en fait en trouve des déclarations américaines anciennes suggérant que la guerre chimique pourrait être considérée comme un échelon intermédiaire dans l'escalade qui conduit des armes conventionnelles aux armes nucléaires [40].

[40] Par exemple de Harold Brown, à l'époque Directeur de la Recherche & Développement au Pentagone, en 1963. Voir Hersh, p. 52, qui cite aussi les usages possibles des neurotoxiques selon un manuel militaire américain de 1966 : contre des troupes dans des tranchées ou des trous, contre des fortifications ou des cibles de grande surface à harasser, contre des objectifs trop réduits pour justifier l'emploi du nucléaire ou contre des troupes qui sont protégées des retombées radioactives dans des casemates ou des tanks, etc.

Supposons en effet que l'Armée Rouge décide d'envahir l'Europe Occidentale. La chose n'a jamais été sur le point de se produire, on a même vu l'inverse arriver en 1941, mais il est axiomatique, tout particulièrement dans la France du « consensus » où la propagande est presqu'aussi unilatérale qu'à Moscou (voire même beaucoup plus ces temps-ci), qu'elle figure depuis toujours au premier rang des préoccupations soviétiques.

Il ne semble venir à l'esprit de personne que, si les Américains sont hantés par le souvenir de Pearl Harbour, les Soviétiques pourraient, de leur côté, l'être par celui de l'attaque nazie de juin 1941 et par l'écrasante supériorité nucléaire américaine jusqu'au milieu des années 1970 [41]. Il ne semble pas non plus venir à l'esprit de qui que ce soit que les armements soviétiques, présentés comme une « menace » contre l'Europe, pourraient être autant et/ou davantage une défense contre la « menace » américaine. Mais admettons que le point de vue des experts français, i.e. de l'extrême droite américaine, soit justifié.

Si, donc, l'Armée Rouge envahit l'Europe de l'Ouest, elle craindra de se heurter à l'artillerie, aux missiles tactiques et aux chasseurs-bombardiers nucléaires de l'OTAN. La tentation de les neutraliser d'emblée, ne serait-ce que provisoirement, à l'aide d'attaques chimiques plutôt que d'armes nucléaires susceptibles d'entraîner une riposte de même nature ou encore plus radicale, peut être très forte.

---

[41] Voir par exemple le livre de R. McNamara, *Blundering into Disaster : Surviving the First Century of the Nuclear Age* (Pantheon Books, 1987, trad. fr. disponible) et celui de J. Sapir sur l'armée soviétique. On nous parle de l'écrasante supériorité numérique des blindés soviétiques, mais personne n'a jamais obligé l'OTAN à accorder la priorité au nucléaire tactique, aux tanks ultra-perfectionnés mais relativement peu nombreux et aux armes antitanks pour compenser la supériorité réelle ou supposée des Soviétiques en blindés. Le nucléaire tactique a même été spécifiquement inventé et "vendu" aux militaires américains (notamment par Oppenheimer et les physiciens de Los Alamos vers 1950) pour se substituer aux armes conventionnelles. Le fait que les stratégies des deux camps soient différentes ne prouve pas les intentions agressives des dirigeants soviétiques, lesquels ont au contraire toujours fait preuve d'une grande prudence dans les confrontations avec leurs adversaires tout en ne laissant aucun doute sur le fait qu'en cas de conflit, ils ne se laisseront pas placer dans la situation de juin 1941.

Symétriquement, les forces de l'OTAN, si l'Armée Rouge n'utilise pas d'emblée ses armes nucléaires, peuvent être tentées de recourir aux moyens chimiques pour ralentir celle-ci. Il n'y a pas lieu de croire que, du point de vue des pertes en vies humaines ou des « dommages collatéraux », comme ils appellent cela avec la délicatesse de style qui les caractérise, le recours aux armes chimiques serait une catastrophe comparable à l'usage du nucléaire. Et en cas d'usage de celui-ci, au nom de quels arguments éthiques, stratégiques ou politiques devrait-on s'abstenir de recourir aux armes chimiques ? Imagine-t-on les dirigeants américains ou soviétiques refuser d'utiliser celles-ci alors que leurs cités sont déjà « vitrifiées » ? A partir du moment où l'on a décidé de sauter le pas dans la folie, pourquoi se restreindre ?

Ce raisonnement heuristique semble indiquer qu'il est probablement vain de prohiber les armes chimiques si l'on ne limite pas très sérieusement les armes nucléaires, en particulier les armes tactiques. Autrement dit, il ne serait pas étonnant que, dans l'esprit des chefs militaires et politiques des deux camps, les deux problèmes soient liés.

Remarques finales

La dissuasion fonctionne depuis plus de quarante ans et même, dans le cas des armes chimiques, depuis soixante-dix ans. Nous pourrions donc extrapoler et dormir en paix : pourquoi vouloir détruire des armes dont on nous vante les effets dissuasifs ? Si leur existence suffit à garantir leur non emploi, ne vaudrait-il pas mieux les laisser en place ? Il paraît qu'il faut en posséder pour ne pas avoir à s'en servir. Doit-on en déduire qu'on serait obligé de les utiliser si l'on n'en possédait pas ?

Ces échafaudages dialectiques remplis de cercles vicieux sont voués à l'effondrement. Les seules armes qui ne serviront certainement jamais, c'est-à-dire pas avant la fin des temps, sont celles qui n'existeront jamais. Tout le reste est de la conjecture. A en juger par les inquiétudes que les Occidentaux manifestent actuellement à

l'égard des armes chimiques et nucléaires soviétiques et vice-versa, nous ne sommes probablement pas le seul à être sceptique sur les vertus de la dissuasion, chimique ou nucléaire.

Il y a quand même une différence entre les armes chimiques et les armes nucléaires. C'est le développement de celles-ci et de leurs vecteurs, et non des armes chimiques, qui a transformé l'hostilité, jusqu'alors principalement diplomatique et idéologique, entre deux pays séparés par un océan infranchissable en un casse-tête stratégique susceptible de conduire à leur annihilation mutuelle. On nous vante la période de paix « exceptionnelle » que l'Europe a connu depuis 40 ans ; elle est peut-être moins due aux armes nucléaires qu'à la domination exercée par les États-Unis et l'URSS sur les deux moitiés de l'Europe : cette domination y a rendu impossibles ou inutiles les petits conflits locaux qui parsemèrent l'histoire du XIXe siècle et finirent par entraîner tout le monde dans le tourbillon de la Grande Guerre. On nous dit que les armes nucléaires ont mis fin au « cycle des grandes guerres totales ». Quel cycle ? Deux exemples constituent-ils un « cycle » ? Puisque la seconde a éclaté vingt et un ans après la première, la troisième aurait-elle dû éclater en 1966 ? Il n'y a pas de « cycle », il y a seulement l'avenir, inconnaissable. C'est peut-être ici le lieu de rappeler à tous ces stratèges en chambre confits de certitudes et proclamant que « la guerre froide est finie et nous l'avons gagnée », ce que Robert Oppenheimer déclara en 1954 à son « procès » :

> « Je ne désire pas vous cacher la nature ambiguë des espoirs que nous entretenions à propos du développement d'armes de plus en plus puissantes, d'abord la bombe atomique, puis sa version amplifiée, et puis ces nouvelles choses [la bombe H]. D'une part, comme nous l'avons dit à l'époque et comme je le crois maintenant fermement, ce fatras [*this stuff*] va mettre fin aux grandes guerres totales. Je ne sais si cela arrivera pendant notre vie. D'autre part, l'idée que cela devra passer par un usage massif de ces armes contre les civilisations et les cités m'a toujours préoccupé. » [42]

[42] *In the Matter…*, p. 87.

Faut-il également citer les anciens conseillers scientifiques d'Eisenhower ou de Kennedy – Herbert York, George Kistiakowsky, Jerome Wiesner – ou du gouvernement britannique – Lord Zuckerman – qui, depuis dix ou vingt ans, dénoncent comme Robert McNamara l'absurdité et le danger d'une course aux armements qu'ils ont eux-mêmes contribué à organiser rationnellement sans savoir où elle conduirait ? Faut-il préciser que le point de vue soviétique actuel, pas nécessairement moins valable que l'autre, est que, *malgré* les armements nucléaires que chacun des deux camps considère comme une *menace d'annihilation* totale dirigée contre lui, la paix a été maintenue à cause du fait qu'il n'y a pas eu, de raisons sérieuses de se battre ? [43] Même sans armes nucléaires, l'exemple des deux guerres mondiales aurait peut-être suffi de toute façon à rendre les protagonistes prudents puisqu'il est clair que le déroulement, le coût matériel et humain et l'issue d'un conflit ne peuvent être ni prévus ni contrôlés : on sait seulement qu'une nouvelle Grande Guerre, même limitée aux armes conventionnelles, serait catastrophique pour les deux camps.

Il faut donc tenter de ne pas aller, intentionnellement ou accidentellement, à la catastrophe. Le plus sûr, comme on semble commencer à le comprendre, serait d'en détruire les instruments, i.e. les armes de destruction massive : nucléaires, chimiques et une bonne

---

[43] Voir par exemple l'article de Youri Davidov dans *Politique Etrangère*, janvier 1988, notamment p. 76-77, et un point de vue analogue a été souvent exprimé par Georges Kennan, l'inventeur en 1947 de la politique de *containment* de l'URSS. Il serait de toute façon utile de préciser si ce sont seulement les armes nucléaires occidentales, ou celles de l'Ouest et de l'Est, qui ont assuré ces « quarante ans de paix ». Le fait que l'OTAN ne soit jamais intervenue dans les conflits internes au bloc socialiste (Hongrie, Tchécoslovaquie ou Pologne) peut difficilement être attribué aux armes nucléaires occidentales, nous semble-t-il naïvement. Notons par ailleurs que la lecture du livre de Blainey cité plus haut ne peut que provoquer un complet scepticisme à l'égard des merveilleuses « explications » que l'on nous fournit de l'état de paix qui règne en Europe depuis 1945. Pour en comprendre les vraies raisons, à supposer la chose possible, il faudrait de toute façon disposer au minimum d'une masse de documents officiels actuellement secrets, et notamment des soviétiques.

partie des armes conventionnelles, lesquelles ont beaucoup progressé depuis qu'elles ont montré leurs capacités entre 1940 et 1945.

Toutes ces armes ont été inventées par des (article indéfini) scientifiques et ingénieurs de haut niveau – les autres en seraient bien incapables ; l'histoire des armes chimiques le montre aussi clairement que celle des armes nucléaires et de leurs vecteurs. Cela semblerait indiquer que les scientifiques et ingénieurs ont un rôle à jouer, une responsabilité, dans le processus de décélération de la course aux armements, et non pas seulement dans son accélération comme si souvent dans le passé.

On nous dira que ces inventeurs, scientifiques ou ingénieurs, auraient été inoffensifs ou impuissants sans l'appui des décideurs politiques et militaires.

On peut certes rêver d'une civilisation où, lorsqu'un scientifique ou un ingénieur viendrait proposer aux militaires un nouveau gaz, un nouveau missile de croisière à tête nucléaire ou le « rayon de la mort » vers lequel on semble très pressé de se diriger, il se ferait mettre poliment à la porte ou enfermer dans un asile d'aliénés.

Apparemment, ce n'est pas la tendance sur la Terre actuelle. Tout le monde – techniciens, militaires et politiques – sait des deux côtés de la barricade qu'une arme nouvelle, ou un perfectionnement substantiel d'une arme ancienne, a toutes les chances d'intéresser les décideurs « dans la mesure où leurs moyens économiques et techniques le leur permettent », pour nous exprimer comme M. Mitterrand. En première approximation – ce n'est certes pas toujours vrai –, ceux qui imaginent de nouvelles armes ont de fortes chances de les faire adopter, notamment parce qu'un chef politique ou militaire ne peut courir le risque de voir la même arme surgir dans le camp opposé : si elle est faisable dans le sien, pourquoi pas en face ?

Tout le monde s'en sort en invoquant les « impératifs de la défense ». Il paraît – on ne prête qu'aux riches – que Fritz Haber avait pour devise : « *Pour l'Humanité en temps de paix, pour la Patrie en temps de guerre.* » Cela n'a pas donné de résultats très

enthousiasmants. Certains semblent en être depuis 1945 à une autre version : « *Pour la Patrie en temps de paix comme en temps de guerre* », ce qui ne les empêche d'ailleurs pas de nous entretenir de la « communauté scientifique internationale ».

M. Teller nous explique depuis 40 ans que les armes nucléaires sont indispensables pour faire face à la menace soviétique. Mais elle n'est menaçante, tout au moins pour sa patrie d'adoption, que dans la mesure où elle s'appuie elle aussi sur des armes nucléaires. Si M. Teller et ses collègues américains ont lutté pour « sauver la Civilisation », *whatever that means* [quoi que cela veuille dire], alors il semblerait s'ensuivre que M. Sakharov et ses collègues soviétiques ont, eux, lutté pour la menacer ou même la détruire le cas échéant : la Science ne peut pas gagner sur tous les tableaux à la fois. Le raisonnement peut du reste s'inverser immédiatement si l'on se place du point de vue soviétique. MM. Teller et Sakharov se sont récemment rencontrés aux États-Unis. On aimerait beaucoup savoir s'ils ont échangé leurs souvenirs des années 1950 et discuté de leurs motivations respectives de *weaponeers* en activité ou retraité.

On ne peut pas résoudre ces problèmes en se plaçant dans un cadre purement national. Le scientifique ou l'ingénieur qui s'y place ne peut que, tout d'abord, contribuer à la course aux armements comme le montrent d'innombrables exemples depuis un demi-siècle, ensuite mettre sur le marché des armes dont il ne pourra jamais contrôler ou prévoir les usages ultérieurs.

Les ingénieurs qui ont donné les V2 à Hitler imaginaient-ils que, vingt ans plus tard, leur pays aurait à supporter la menace des SS-6 soviétiques ? Ceux qui lui ont donné le tabun et le soman imaginaient-ils que leurs astucieuses formules passeraient aux mains de leur pire ennemi dès 1945 ? Les scientifiques qui ont donné la bombe atomique à l'Amérique en 1945 imaginaient-ils que, vingt ans plus tard, l'Union Soviétique disposerait des moyens d'anéantir le quart ou la moitié de la population américaine ? Ceux qui ont donné la même arme à l'Union Soviétique en 1949 imaginaient-ils que, dix ans plus tard, l'Amérique serait en mesure de déployer vingt mille

armes A et H contre leur pays, au lieu de deux cent cinquante à l'époque ? [44] Imaginaient-ils, les uns et les autres, « l'hiver Nucléaire » dont on parle depuis quelque temps ? Ceux qui ont donné à l'URSS le Spoutnik, *id est* les missiles intercontinentaux, imaginaient-ils les 1 000 Minuteman de 1965 ? Etc.

C'est sur des exemples de ce genre que l'on peut vérifier à quel point le processus de transformation systématique du progrès scientifique et technique en progrès militaire relève de la pure et simple stupidité ou, ce qui revient au même, de la plus extrême myopie. L'absurdité de la situation actuelle qui, en attendant une éventuelle Apocalypse, fait craquer les économies soviétique et même américaine [45] comme on le prévoyait – et le planifiait aux USA – depuis longtemps pour l'Union Soviétique, conduira peut être les chefs politiques à revenir à davantage de raison, et bien sûr il y a des indications dans ce sens.

Il nous semble, quant à nous, que quel que soit leur pays les scientifiques auraient également intérêt à changer de mentalité sans attendre les directives de leurs employeurs, car ce sont eux et non ceux-ci qui fournissent les idées techniques. Le progrès scientifique ne justifie pas n'importe quoi et, comme tout le monde, ils sont responsables de leurs actes. Il est certes plus facile de faire adopter un

---

[44] Le stock d'armes nucléaires américaines évolue comme suit : 13 en 1947, 450 en 1950, 2 250 en 1955, 12 000 en 1958, 23 000 en 1961, 31 000 en 1964, 32 000 en 1967, 27 000 en 1970, 26 000 en 1983, 30 000 projeté en 1990. Th. Cochrane et autres, eds. *Nuclear Weapons Data Book* (MIT Press, 1987), vol. 1, p. 15. Il serait intéressant de disposer des données soviétiques correspondantes.

[45] L'URSS étant censée, depuis que les experts de la CIA ont doublé leurs estimations, consacrer environ 18 % de son PNB à sa « défense », *id est* trois ou quatre fois plus que l'OTAN qui est trois ou quatre fois plus riche. Il n'est pas étonnant qu'avec ou sans « socialisme » l'état de l'économie soviétique soit sensiblement moins brillant que celui de l'économie américaine ou européenne. (Imaginez la France consacrant 18 % de son PNB à la défense, au lieu de 3 à 4 %, depuis des décennies). Il n'en reste pas moins que le gaspillage de ressources matérielles et humaines auquel se livre l'Amérique depuis 1950 explique dans une large mesure ses difficultés actuelles : en devenant de plus en plus « baroques », les technologies militaires sont de moins en moins utilisables dans le domaine civil.

progrès militaire que de le faire éliminer. Mais à défaut de détenir le pouvoir de réaliser le second objectif, un scientifique a toujours la ressource de garder pour lui les progrès qu'il réalise et, plus généralement, de rester au large des zones où la pensée scientifique se transforme en armement. Il a toujours la ressource de tenter d'entraîner ses collègues *des deux camps* dans un mouvement de démilitarisation de l'activité scientifique. Il paraît que, chez eux, les scientifiques soviétiques ne sont pas libres de s'exprimer ; la chose ne nous paraît pas évidente compte-tenu de la place qu'ils occupent dans la hiérarchie du système et de contre-exemples bien connus. On pourrait du moins profiter de leurs séjours à l'Ouest pour discuter avec eux – comme avec ceux de leurs collègues occidentaux qui, tout en étant, eux, libres de parler, préfèrent s'en tenir au *business as usual*, c'est-à-dire aux contrats militaires.

On nous dira qu'il faudrait aussi tenter de convaincre les ingénieurs et industriels de l'armement, dont l'influence est partout considérable. Certes. Malheureusement on ne les a jamais vus, où que ce soit, mettre en danger leurs emplois ou refuser des marchés militaires lucratifs. Dans notre partie du monde, ils s'orientent même maintenant vers une « Europe de la défense » qui ne peut que compliquer encore davantage la situation et conduire à la formation d'une gigantesque industrie européenne de l'armement. Il ne semble pas utile de perdre son temps à les persuader de quoi que ce soit : de notre point de vue, la Thomson-CSF, pour ne mentionner qu'elle, est littéralement *irrécupérable*, c'est-à-dire tellement droguée par l'armement qu'elle est de moins en moins capable et désireuse de faire autre chose. Comme les dirigeants de la BASF en 1918 ou comme ceux des Dow Chemical Industries à l'époque où les étudiants américains manifestaient contre la guerre du Vietnam, ils ne s'inclineront que devant une puissance supérieure à la leur – celle d'un ennemi victorieux (ou ayant « prévalu », comme on préfère le dire maintenant avec beaucoup de prudence) ou, ce qui serait de beaucoup préférable, celle d'une opinion publique lasse de voir tant

de richesses matérielles et intellectuelles gaspillées « en préparatifs de guerre à la campagne », comme Kafka eût appelé cela [46].

Roger Godement.
Professeur de Mathématiques à l'université Paris 7.

[46] Voir dans E. Zuckerman, *The Day after World War III* (Avon Publ., 1987) un tableau effectivement kafkaïesque de ces préparatifs du côté américain. Les éditeurs français ratent d'innombrables occasions de traduire des livres qui contribueraient à l'éducation du « consensus » national…

Avril 1994

Science et Défense, une discussion

Nous entamons un dossier/débat sur le thème des rapports entre les scientifiques (et particulièrement les mathématiciens bien sûr) et les applications militaires de leur science. Le débat entre M. Carayol et R. Godement sera notamment suivi dans le prochain numéro d'un texte de R. Godement développant son point de vue et les informations esquissées lors du débat.

Après la guerre du Golfe, et l'éclatement de l'URSS, il semblait intéressant de faire le point sur ce sujet. C'est pourquoi l'Institut des Sciences de la Matière de l'Université Claude Bernard (Lyon I) organisait un dîner débat en novembre 1991 sur ce thème. Les invités étaient :

M. Michel Carayol
ingénieur général de l'armement
Chef des services des Recherches de la DRET
et
M. Roger Godement
Professeur honoraire de Mathématiques
Université Paris 7.

Madame M. P. Pileni, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) représentait le groupe "Science et Défense" à ce débat, qui était dirigé par B. Jacquier, professeur de physique à l'Université Claude Bernard.

Les notes qui suivent ont été rédigées par B. Jacquier et J. L. Nicolas à partir de l'enregistrement du débat.

Q : *Monsieur Godement, pouvez-vous nous faire un historique des relations entre les scientifiques et les militaires ?*

R.G. : La collaboration entre scientifiques et militaires remonte à la plus haute antiquité. Tout le monde connaît Archimède, qui fut l'un des rarissimes scientifiques à y laisser sa peau. A la renaissance, la découverte des armes à feu et de l'artillerie bouleverse l'armement, mais les scientifiques n'y prennent pas part, car la chimie n'existe pas. Léonard de Vinci dessine des tanks et des sous-marins. Le baron écossais Neper, 1550-1617, l'inventeur des logarithmes, invente aussi une pompe pour extraire l'eau de ses mines de charbon. Théologien antipapiste, pour lutter contre l'armada des papistes espagnols, il conçoit :

> « Une machine capable de débarrasser un champ de quatre miles de tour de toute créature dépassant un pied de hauteur. »

Sur son lit de mort il devait déclarer à ceux qui lui demandaient les plans de sa machine :

> « On a tellement donné d'armes aux hommes pour s'entretuer, que si ça ne dépendait que de moi, je ferais tout pour en réduire le nombre. Mais voyant que la méchanceté enracinée au cœur des hommes ne le permettra jamais, je veux du moins éviter de contribuer à en accroître le nombre. »

Tartaglia, à qui l'on doit la solution de l'équation du 4e degré, construit des tables de tir, et Galilée applique ses théories mécaniques à la trajectoire des obus.

Au XVIIe et XVIIIe siècle, c'est une période calme. Le problème de déterminer la latitude, et surtout la longitude des bateaux occupe les scientifiques. En 1792 la création de l'École Polytechnique systématise la liaison entre les scientifiques, les industriels et les militaires. Au XIXe siècle, a lieu le développement des explosifs à des fins civiles et militaires. Pendant la grande guerre, la découverte de la synthèse de

l'ammoniac par le chimiste Fritz Haber permet aux allemands de se passer des nitrates du Chili pour fabriquer les engrais et les explosifs. Rappelons également les gaz de combat. Ce sont déjà les scientifiques qui prennent l'initiative d'aller trouver les militaires pour qu'on utilise leur capacité. J. Perrin écrit à Langevin : « *Si vous étiez mobilisé dans la recherche militaire, vous seriez autant utile qu'un millier de sergents major* ». Lorsque le physicien anglais Moseley se fait tuer en 1915 dans les Dardanelles, Rutherford s'écrie que c'est idiot d'exposer un type aussi valable au hasard d'une balle turque.

En France, un des arguments présenté pour obtenir la création du CNRS sera que la guerre de 1914-1918 a mis en évidence l'importance de la recherche scientifique pour la défense.

La période charnière, *the great divide*, comme disent les américains, pour les relations entre scientifiques et militaires se situe bien évidemment au début de la seconde guerre mondiale. Avant 1940, la recherche se faisait aux U.S.A. uniquement dans les universités et les industries (par exemple les Bell Labs). La mise en place du Manhattan project pour la fabrication de la bombe atomique (2 milliards de dollars en 1940 soit 1 % du P.N.B.) les recherches sur le radar et les télécommunications, sur le guidage des avions à l'atterrissage, sur le développement de l'aéronautique, font que le budget de la Recherche Développement, aux U.S.A. augmente considérablement, et que son financement est essentiellement militaire.

Q : *Monsieur Carayol, pensez-vous qu'il était nécessaire pour la France de posséder l'arme nucléaire, et cela a-t-il pénalisé l'économie nationale ?*

M.C. : Nous n'étions pas les premiers, et il y avait là un mystère qui demandait à être éclairci, quelles que soient les utilisations ultérieures envisageables. Il me semble que la France, par une motivation de curiosité scientifique, ne pouvait pas se passer de la compréhension du principe de cet engin, je suis d'un naturel assez confiant et j'estime que le pays où je vis est un des plus raisonnables et les moins aventuriers de la terre. À partir du moment où d'autres

puissances possédaient l'arme atomique, pourquoi ferions nous courir un risque particulier en la possédant aussi ? On pouvait penser que tous les pays chercheraient à s'en munir, et donc le plus tôt serait le mieux. La fin ultime de tout pays responsable est l'instauration de la paix et le désarmement, et mon pays est capable d'aller dans cette direction. Le fait de posséder la bombe atomique lui donne plus de poids dans les conférences sur le désarmement.

Cela a-t-il pénalisé notre économie ? Il est certain que le Japon et l'Allemagne qui ne sont pas des puissances nucléaires connaissent une certaine réussite économique. Mais d'une part, il a été demandé aux Allemands un effort plus important de la part de l'OTAN (puisqu'ils n'avaient pas d'armes nucléaires à financer) d'autre part la réussite Japonaise peut aussi s'expliquer par des qualités particulières de la société de ce pays. En résumé, les avantages de la bombe atomique me paraissent compenser la légère probabilité du phénomène que vous exprimez.

Q : *M. Godement qu'en pensez-vous ?*

R.G. : Je vais répondre par trois citations. D'abord le mathématicien Ulam qui a contribué à la bombe H en 1951 :

> « Contrairement aux gens qui étaient contre la bombe pour des raisons politiques morales ou sociologiques, je n'ai jamais eu aucun problème en ce qui concerne le travail purement théorique. Je ne sentais pas qu'il était immoral d'essayer de calculer des phénomènes physiques. La question de savoir si c'était utile stratégiquement était un aspect totalement différent du problème, en fait une question historique, politique ou sociologique de l'espèce la plus grave, et qui avait très peu de choses à voir avec le phénomène physique ou technologique lui-même. Même le calcul le plus simple dans les mathématiques les plus pures peut avoir de terribles conséquences. Sans l'invention du calcul infinitésimal, la plus grande partie de notre technologie aurait été impossible. Devons-nous en conclure que le *calculus* est mauvais ? »

Ensuite Oppenheimer :

> « Ce n'est pas un problème académique de savoir si vous pouvez faire une bombe à hydrogène, c'est une question de vie ou de mort. »

Enfin Churchill déclarait en 1945 :

> « Notre politique devrait être de garder le secret en des mains américaines et britanniques dans la mesure où nous pouvons le contrôler et de laisser les français et les russes faire ce qu'ils peuvent. Vous pouvez être tout à fait sûr que toute puissance qui mettra la main sur le secret tentera de fabriquer l'article, et cela touche à l'existence de la société humaine. Ce sujet est hors de proportions avec quoi que ce soit d'autre existant dans le monde. »

Abordons maintenant le problème économique. Il n'y a pas seulement l'arme atomique qui est en cause, mais toute la recherche et l'industrie militaire. Les techniques militaires sont devenues trop sophistiquées pour être applicables au domaine civil : Si le développement des bombardiers B47 et B52 dans les années 1950 a pu profiter aux 707 et 747, l'étude du B1 invisible à MACH 3 ne peut pas être utile au domaine civil.

M.C. : Je voudrais intervenir sur ce point. On a d'abord cherché à défendre et ce de façon parfois ridicule, l'idée que la recherche militaire servait au progrès civil. On a cité la prothèse de la hanche, les freins de formule 1. On a ensuite parlé des technologies duales : Les militaires intervenaient efficacement dans l'informatique, la résolution de l'équation de Navier-Stokes en mécanique des fluides, etc. Mais ce discours est apparu comme assez maladroit, comme si on n'avait pas très bonne conscience, et ou s'exposait à se faire rétorquer que l'argent serait mieux placé dans une agence civile centralisant l'action générale de la nation sur ces technologies. Maintenant on justifie les recherches de défense par la défense. Cela dit, on fait tout ce qu'on peut pour favoriser les retombées civiles : Les militaires sont plutôt nationalistes, et, la prospérité économique est une cause importante. Si les chômeurs peuvent profiter de la recherche de défense, on essaie de favoriser ce transfert.

Q : *Les scientifiques se plaignent de ce que des domaines de recherche soient frappés du secret défense. Qu'en pensez-vous ?*

M.C. : La confidentialité défense s'applique aux dispositifs assez évolués des systèmes militaires (par exemple système auto-directeur

de missile) ou aux embryons d'idée dans ce domaine. On peut cependant noter que moins de 10 % des contrats de la DRET sont secret défense. Il y a également un dispositif de secret imposé par les industriels, qui souhaitent obtenir, ou conserver le marché de fabrication de ces systèmes militaires.

Q : *Nous sommes rentrés maintenant dans une ère de paix relative. Est-il nécessaire de maintenir des crédits de défense aussi importants ?*

M.C. : Certes, la menace d'une invasion directe du territoire national s'est éloignée, mais le monde reste agité, et une certaine vigilance est justifiée : La contagion est toujours possible, et je ne suis pas satisfait de laisser les gens s'étriper autour de nous. Il y a nécessité d'une force armée pour être crédible. Le problème d'une défense antimissiles balistiques, tirés par des gouvernements irresponsables, une sorte de bouclier I.D.S., est posé. Faut-il prévoir d'intervenir pour maintenir des intérêts vitaux, par exemple, l'approvisionnement en pétrole ? Dans la guerre du Golfe, certains pays non belligérants ont du payer un écot à d'autres pays, comme à des parrains au sens de la Mafia, pour veiller sur leurs intérêts. Je n'aimerais pas que mon pays adopte cette attitude. À cause de la modification brutale du paysage, il y a là un nouveau débat où tous les citoyens sont impliqués et où la communauté scientifique a un rôle à jouer.

Q : *Comment estimez-vous la capacité de dissuasion française contre la Russie au temps de la guerre froide ?*

M.C. : Je me rappelle d'une anecdote qui s'était passée pendant l'une des premières réunions de Science et Défense en 1983 et où A. Kastier avait affirmé aux militaires qu'il ne croyait pas du tout en leurs forces car, disait-il, je n'imagine pas un seul instant qu'un président de la république appuiera sur le bouton rouge sachant que dans les minutes qui suivent la France serait vitrifiée. Je constatais à cette occasion qu'Alfred Kastler partageait l'opinion que j'ai affichée tout, à l'heure, il avait une immense confiance dans l'usage raisonnable que ce pays ferait de la bombe atomique.

R.G. : L'argument s'applique tout aussi bien aux dirigeants américains et soviétiques. Ils se sont munis d'une quantité massive d'armes mais ils n'ont jamais envisagé un seul instant de s'en servir. Le danger fantastique des armes nucléaires est la possibilité d'être engagé dans un conflit; par exemple : si Mr Saddam Hussein au lieu de faire la guerre en 1990, l'avait faite en 1980, peut être que les russes n'auraient pas été à ce moment là du même côté que les américains.

Q : *Et à Cuba ?*

R.G. : A Cuba ce n'était rien du tout car la supériorité américaine était absolument, écrasante et il n'était pas question que les russes interviennent mais tout le monde a eu une frousse terrible, y compris Mr Mac Namara. Si vous demandez au Général qui commandait le Strategic Air Command, lui n'a pas perdu une seconde de sommeil. Il savait qu'il pouvait écraser les russes sans problème à l'époque de Cuba.

Q : *Quelles sont les armes actuellement étudiées ?*

M.C. : En ce qui concerne les armes chimiques et bactériologiques, il n'y a pas en France de système offensif, simplement une défense pour prévoir ce que pourrait faire un éventuel adversaire. Il y a des activités de recherche de nature défensive, de protection dans ce domaine, c'est tout. La bombe à aérosol a été montée en épingles par les journalistes à l'époque de la guerre du Golfe et présentée comme la bombe du pauvre. Elle a un effet de souffle et présente un certain avantage pour la guerre de tranchées mais n'est pas du tout comparable à l'arme atomique. En fait, il n'y a pas de grands sauts technologiques en vue. Ce n'est pas demain qu'on mettra de l'antimatière en bouteille. L'arme atomique a atteint une telle mise au point que, pour l'instant il n'y a pas d'autre alternative.

Ce que tout le monde poursuit actuellement ce sont des armes intelligentes et de précision qui font appel à de la haute technologie, en particulier la microélectronique, l'intelligence artificielle et surtout des logiciels. C'est au niveau des systèmes qu'intervient l'application militaire et non au niveau de principes de base, comme c'était le cas pour la bombe atomique. Dans ce cas, c'était la physique de base qui

était directement liée au problème militaire. La bombe à rayonnement renforcée fait partie de la panoplie des armes nucléaires mais ne fait pas appel à des connaissances vraiment nouvelles par rapport à l'ensemble de ces armes.

Q : *Pensez-vous que les milieux scientifiques sont suffisamment informés des projets militaires ?*

M.C. : Je veux bien plaider coupable, mais à condition que vous reconnaissiez que de votre côté vous n'avez pas le niveau d'intervention, en matière de défense, qu'on trouve aux États-Unis. On a fait des progrès, il existe maintenant tout un ensemble de manifestations comme les journées thématiques de la DRET où on expose les résultats de contrat. On pourrait faire mieux en généralisant les appels d'offre à toute la communauté scientifique. Ce sont des choses qui vont, évoluer. L'appel d'expert pourrait aussi se généraliser et, c'est en projet à la DRET. Il faudrait que vous soyez d'accord, en échange, d'une plus grande participation. Côté américain, un symposium réunit un grand nombre de têtes pensantes pour réfléchir au problème militaire, ce qui n'existe pas en France. On trouve aussi une capacité du milieu scientifique à prendre en charge les programmes militaires à un assez haut, niveau de synthèse alors qu'en France cet effort, est assez ponctuel, le responsable reste toujours à la DRET. Je vais être utopique en imaginant qu'un chercheur CNRS soit responsable du programme Rafale avec une participation plus grande des chercheurs. Ce serait peut être plus efficace, que des relations ponctuelles, comme c'est le cas actuellement, sur un ensemble de mesures militaires au niveau de la synthèse.

Q : *Certaines publications scientifiques sont utilisées ultérieurement à des fins militaires…*

R.G. : C'est le drame fondamental. Même si vous faites la recherche civile, vous ne pouvez pas prévoir que vos résultats pourront être utilisés vingt ans plus tard à des fins militaires. Il ne peut pas y avoir de législation, le scientifique qui a écrit un papier n'en est pas propriétaire. Il y a une dynamique du progrès

scientifique et technique qui est soutenue par des centaines de milliers de scientifiques, ingénieurs et industriels avec beaucoup d'argent, et une très grande inertie. Les applications militaires ne s'arrêteront jamais. Si vous ne voulez pas tomber dans ce type de problème faites de la littérature ou de la musique mais ne faites pas de recherche scientifique.

M.C. : Cette intervention montre qu'il y a encore beaucoup à faire pour les militaires à se faire accepter. La seule voie possible pour les scientifiques est d'accepter de rentrer dans le système militaire pour se faire entendre dans l'utilisation des connaissances qu'ils découvrent.

Discussion publiée dans la *Gazette des mathématiciens* n°60, avril 1994.

Juillet 1994

Science et Défense, une brève histoire du sujet

Je n'ai pas grand'chose à ajouter à ce texte, dont je n'ai pas rédigé les parties II et III. Les spécialistes ont naturellement publié des ouvrages importants depuis 1994 ; en France, il faut citer le livre de Patrice Bret, *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1830)* (Presses Universitaires de Rennes, 2002), qui pourrait aussi bien s'intituler, en forçant un peu la note, *La naissance du complexe militaro-scientifique français* ; le lecteur y trouvera notamment nombre de compléments à l'article de Gillispie cité dans la note 23.

Gillispie lui-même a publié la suite de son premier ouvrage, *Science and Polity in France: The Revolutionary and Napoleonic Wars* (Princeton UP, 2004), et il y a aussi Jean et Nicole Dhombres, *Naissance d'un nouveau pouvoir : Science et savants en France* (Payot, 1989) , mais mis à part la "petite bande" bien connue (Monge, Berthollet, Laplace, Fourier, Chaptal, etc.) jusqu'en 1815, je ne vois pas, au cours du XIXe siècle et même bien au delà, quels "savants" – catégorie à distinguer de celle des Polytechniciens – pourraient avoir détenu un "nouveau pouvoir" réel en France : ils n'ont pas même obtenu d'universités décentes avant la dernière décennie du XIXe siècle (voir le beaucoup trop bref article d'Antoine Prost dans la revue *Commentaire* n°137, Printemps 2012, selon lequel de vraies universités n'existent toujours pas encore…).

En fait, dans les sciences mathématiques et physiques, les "grandes écoles" continuent, plus que jamais depuis deux siècles, a priver les universités de la grande majorité des meilleurs étudiants dans les

domaines que tout le monde connaît et à disposer de crédits beaucoup plus importants, ce qui discrédite les universités. Le seul pays où les scientifiques disposent d'un certain "pouvoir", ce sont les Etats-Unis ; mais c'est la Seconde Guerre Mondiale qui le leur a donné !

Sur l'histoire des techniques, il faut aussi citer, par un auteur des plus productifs, les deux livres de Vaclav Smil, *Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867-1914* (Oxford UP, 2005) et *Transforming the Twentieth Century: Technical Innovations and their Consequences* (Oxford UP, 2006) ; tout en étant forcément incomplets, ils rassemblent avec concision une énorme quantité d'informations et de sources sur le progrès technique depuis 150 ans. L'influence militaire n'est pas toujours mentionnée même lorsqu'elle est patente (cas de l'informatique par exemple), ce qui est du reste beaucoup plus souvent le cas pendant la seconde période que pendant la première – pourtant féconde en innovations, dont le XXe siècle a prodigieusement exploité le potentiel (électricité, téléphone, radio, automobile,etc.). Si l'on en croit SUDOC, il existe un (1) exemplaire de ces livres fondamentaux dans les bibliothèques universitaires françaises : à la bibliothèque de la Sorbonne. Plus ça change…

R. G. [@2011]

L'idée de publier dans la *Gazette* le texte que l'on va ou ne va pas lire ne me serait jamais venue sans ma participation, à Lyon il y a deux ans, à une réunion de l'association *Science et Défense* où je me suis livré à un duel à fleurets très mouchetés avec M. Carayol, ingénieur de l'armement et l'une des rares personnes citées à propos de la bombe H française. J'avais insisté pour que l'on me permette de dire pour commencer quelques mots sur l'histoire du sujet, ce qui, compte tenu du temps dont j'ai pu disposer, n'a produit qu'un résultat caricatural. Après quoi j'ai appris que le texte du débat serait publié dans la *Gazette*. Les écrits, à la différence des paroles, ayant tendance à rester, j'ai demandé à développer suffisamment le sujet pour fournir aux mathématiciens un peu plus de matière à réflexion, car je ne vois pas comment on pourrait comprendre les problèmes actuels sans avoir une idée de leur histoire.

De rédaction en rédaction, le texte s'est allongé tout en restant bien en deçà du minimum raisonnable ; la vérité, disent les historiens, gît dans les détails et l'on n'en trouvera guère ici. Le sujet est très vaste et complexe, il n'est sérieusement étudié que depuis une vingtaine d'années, surtout aux U.S.A. depuis la guerre du Vietnam [1], curieusement, et beaucoup de cas qui pourraient l'éclairer, France notamment, restent peu explorés y compris et surtout par les historiens français.

On notera que cet article mentionne rarement les Mathématiques ; elles servent certes, à des niveaux très variables, d'outil aux physiciens et ingénieurs, mais ce ne sont presque jamais les mathématiciens qui trouvent les grandes idées techniques avant 1940, et la chose reste exceptionnelle même si, de nos jours, leur rôle s'est beaucoup développé par l'intermédiaire de l'informatique (la Première guerre mondiale fut celle des chimistes, la Seconde celle des

---

[1] Voir Alex Roland, "Technology and war: the historiographical revolution of the 1980's", *Technology and Culture*, vol. 34, janvier 1993.

physiciens, on attend la Troisième). De toute façon, l'histoire des Mathématiques commence à prospérer en France et, des gens bien plus compétents que moi sur ce point peuvent, s'ils le désirent, entretenir la communauté de ses éventuels rapports, anciens ou présents, avec les organismes militaires ; certains le font déjà. Les auteurs de traités de Mathématiques appliquées pourraient aussi, de temps à autre, proposer à leurs lecteurs peut-être innocents des exemples explicites d'applications militaires ne violant pas le très confortable « secret défense ».

On remarquera sans doute que mon titre aurait dû être *Science, Technologie, Industrie et Armement* – il sera même parfois inévitablement question de politique –, mais puisque la DGA [2] parle de *Science et Défense*, autant faire de même pour simplifier…

J'ai ajouté des indications bibliographiques pour ceux qui voudraient étoffer ce résumé qui n'est pas autre chose que ce qu'on appelle en Peinture un collage. Beaucoup des titres cités sont disponibles à la bibliothèque *Science et Société* [3] de Jussieu (tour 56, 4e

---

2 Délégation Générale de l'Armement, auparavant Délégation Ministérielle de l'Armement (DMA), dont dépend la DRET. Il est curieux que le sigle DMA désigne aussi la célèbre stratégie de la Destruction Mutuelle Assurée, le MAD des Américains, le remplacement du M par un G n'améliorant pas l'interprétation. On trouvera beaucoup d'informations sur la DGA dans l'excellent livre de François Chesnais et Claude Serfati, *L'armement en France. Genèse, ampleur et coût d'une industrie* (Nathan, 1992), dont la bibliographie cite les titres les plus importants sur le sujet, de l'étude académique d'Edward Kolodziej, *Making and Marketing Arms. The French Expérience and ils implications for the International System* (Princeton UP, 1987) au pamphlet de Paul Marion, *Le Pouvoir sans visage* (Calmann-Levy, 1990). Notons aussi que la DGA publie une revue, *L'Armement,* contenant beaucoup d'articles semi-techniques.

3 La direction de la Bibliothèque Jussieu m'a expliqué un jour que ce titre « faisait soixante-huitard ». Il fait aussi atlanticard puisque la Direction des affaires scientifiques de l'OTAN l'a adopté pour l'un de ses programmes. Le département de *Science, Technologie et Société* du CNAM, qui possède une bibliothèque mieux financée et organise des enseignements, a été fondé par Jean-Jacques Salomon qui a longtemps fait partie de l'OCDE et a écrit, sous la direction de Raymond Aron, une très instructive thèse de doctorat. *Science et Politique* (Seuil, 1970, rééd. Economica), titre pouvant aussi passer pour "soixante-huitard" si l'on y tient. Ajoutons que ce genre de préoccupations est né dans les années 1930 en URSS (N. Boukharine), aux USA (Robert Merton) et en Grande-

étage), créée il y a vingt ans à l'initiative de l'auteur et qui obtiendra d'autant plus de crédits qu'elle aura davantage de clients ; c'est à ma connaissance la seule du genre dans une université française.

Il y a naturellement beaucoup d'autres sources de documentation sur des aspects particuliers du sujet; la bibliothèque de la Fondation nationale des sciences politiques est fort remarquable sur les aspects… politiques très libéralement interprétés, mais 600 Francs de droit d'entrée annuel si l'on y est admis. En dehors de ce cas bien repéré, je ne conseille pas à mes collègues de s'engager dans le processus de marche au hasard qui consisterait à se diriger à travers cette jungle.

De la Renaissance à la Révolution

Les relations entre certains scientifiques – tous ne sont pas impliqués, à beaucoup près – et militaires remontent à la plus haute Antiquité, comme on dit. Tout le monde connaît Archimède, l'un des rarissimes scientifiques à en être mort ne serait-ce qu'indirectement (refus d'obtempérer immédiatement au *Project Paperclip* de l'époque) ; les ondes de choc de ce scandale sont encore audibles. Mais il y a bien d'autres exemples moins célèbres de « géomètres » construisant par exemple des machines de siège.

Avant même la Renaissance, les armes à feu et l'artillerie bouleversent l'armement, mais les scientifiques, dans l'hypothèse où la chose existerait, n'y prennent aucune part ; principalement liée à la médecine ou à l'alchimie, la chimie en tant que science ne comprend quasiment rien à la poudre à canon ou à la métallurgie avant au minimum 1780 ; tout le progrès est le fait d'artisans sans aucune autre culture que technique. On peut en dire autant de la construction navale, mais non de l'art de la navigation qui, à partir de 1550 environ, suscite à Londres l'intérêt de mathématiciens, astronomes et cartographes – ce sont souvent les mêmes – comme

Bretagne (J. D. Bernal) et qu'il est arrivé à un dirigeant du *Manhattan Project* d'écrire pendant la guerre un article intitulé *Science and Society* . Autrement dit, on peut attribuer au sujet toutes les colorations idéologiques que l'on voudra.

Robert Recorde, John Dee, Thomas Digges et, vers 1620, Henry Briggs qui popularise les logarithmes de Neper ; tous ces gens sont en contact direct avec les navigateurs et explorateurs et, en diffusant les mathématiques dans un public relativement vaste, contribuent à lancer le mouvement qui aboutira à Newton [4].

Contre la « menace soviétique » de l'époque – les Turcs, qui ne se bornent pas à exhiber leurs armes –, Tartaglia construit des tables de tir pour l'artillerie, sujet qui intéressera aussi Galilée et bien d'autres mathématiciens par la suite. Mais les artilleurs n'en ont que faire avec leurs pièces non standardisées, leurs boulets mal ajustés et leurs poudres capricieuses, sans parler de la résistance de l'air ; les calculs de Galilée ne les concernent que dans le cas de boulets à trajectoire presque verticale. Il faudra attendre 1860 au moins pour obtenir dans ce domaine des résultats vraiment utilisables grâce à l'amélioration des matériels – canons rayés, usinages de précision, poudres uniformes [5] – et, sans doute, des Mathématiques du sujet.

Les scientifiques de la Renaissance, qui sont tout autant des artistes ou des ingénieurs, imaginent des tanks, machines volantes, sous-marins, etc., mais cela, relève de la fiction et du Dr. Freud. Le baron écossais Neper invente d'abord une pompe bien réelle pour évacuer l'eau de ses mines de charbon ; antipapiste fanatique et propagandiste populaire de l'Apocalypse, il propose à la Reine Elizabeth un sous-marin beaucoup plus imaginaire pour lutter contre l'Armada espagnole ; à la fin de sa vie, il aurait prétendu avoir inventé :

> « Une machine capable de débarrasser un champ de quatre miles de tour de toutes les créatures vivantes dépassant un pied de haut. »

---

[4] Voir le chapitre II de Christopher Hill, *Intellectual Origins of the English Révolution* (Oxford UP, 1965 ou Granada, 1972).

[5] Sur la balistique, voir Brett Steele, *Muskets and Pendulums : Benjamin Robins, Leonhard Euler and the Révolution in Ballistics* (exposé au séminaire D. Pestre, La Villette, 22 septembre 1992). En 1881, huit navires de guerre anglais expédient sur les forts d'Alexandrie quelque 3 000 obus ; on enregistre 10 coups au but : Massie, *Dreadnought*, p. 399, citant le principal expert britannique du contrôle de tir vers 1900. Les problèmes sont naturellement beaucoup plus difficiles en mer que sur terre.

Alléchant programme que Hiram Maxim réalisera avec sa mitrailleuse en attendant le nucléaire tactique et les *cluster-bombs* américaines. Fort chrétien, le père des logarithmes aurait refusé de divulguer les plans de son engin car, dit-il :

> « On a déjà donné aux hommes tant d'armes pour s'entretuer que, si cela ne dépendait, que de moi, je ferais tout pour en réduire le nombre. Mais voyant que la méchanceté enracinée au coeur des hommes ne le permettra jamais, je veux du moins éviter de contribuer à l'augmenter. »

Même s'il est apocryphe, l'argument peut encore servir à l'approche de l'An 2000, particulièrement à ceux qui ne confient pas le choix de leur conduite à des directeurs disposant d'un arsenal complet d'alibis à géométrie variable : théologiens, idéologues, chefs militaires ou politiques et, depuis un demi siècle, *stars* de la Science entraînant dans leur sillage des jeunes gens qui montent dans un train en marche sans savoir d'où il vient ni où il va [6].

Les XVIIe et XVIIIe siècles sont plus calmes. Les scientifiques commencent à s'organiser, notamment en Académies, et songent davantage à s'établir en « communauté internationale » et à faire reconnaître la valeur intellectuelle de leurs travaux qu'à en développer les applications ; même s'ils en parlent fréquemment [7], les problèmes pratiques profitent sans doute plus à la Science que l'inverse comme le montre l'exemple de l'astronomie – les problèmes de navigation valent aux astronomes les observatoires de Greenwich et de Paris – ou celui de l'hydrodynamique dont, au XVIIIe siècle, les lois fondamentales sont établies par Daniel Bernoulli, Euler, d'Alembert, etc. longtemps avant qu'elles ne soient utilisées par les ingénieurs. Jusqu'en 1750 au moins, ce sont de même des activités artisanales telles que le traitement des minerais, la production du sel, de la soude, des colorants naturels,

---

[6] Neper cité par John U. Neff, *Western Civilization since the Renaissance. Peace, War, Industry and the Arts* (Happer, 1963), p. 121-122.

[7] Exposé court et précis, mais un peu daté, dans la *Cambridge Economie History,* vol. IV, chap. II, qui couvre aussi la Renaissance. Ces académies sont en général très liées à leurs gouvernements.

du verre, de la poterie, des médicaments, etc. qui contribuent à aider la chimie plutôt que l'inverse [8].

Les seules sciences vraiment solides – Mathématiques, Mécanique, Astronomie, Optique géométrique – interviennent dans la cartographie et la géodésie, la préparation des almanachs nautiques, la conception des instruments de visée pour la marine et surtout la détermination de la longitude en mer qui, seule, permettrait d'éviter des erreurs de navigation souvent catastrophiques. Toutes les grandes puissances maritimes proposent de 1600 environ (Portugal) à 1714 (Angleterre [9]) des récompenses faramineuses qui inspirent Galilée, Huyghens, Hooke et bien d'autres. Le problème sera résolu, dans l'Angleterre du XVIIIe siècle, par un modeste artisan horloger autodidacte qui se heurtera longtemps a l'obstruction des astronomes officiels voués à la méthode des distances lunaires [10], et par des horlogers professionnel français ou suisses. Ces problèmes ne sont pas spécifiques aux marines militaires, mais il va de soi que celles-ci jouent fréquemment un grand rôle dans ces domaines – et pas seulement à cette époque –, notamment en diffusant des cartes marines de plus en plus précises en attendant l'océanographie.

Notons en passant que l'horlogerie suscite le développement de machines-outils de dimensions réduites mais incorporant certains des principes qui fleuriront au siècle suivant. La fabrication des ressorts suscite, elle, l'invention en 1740, par l'anglais Benjamin

---

[8] Sur l'hydrodynamique, voir E. W. Constant II, *The Origins of the Turbojet Revolution* (Johns Hopkins UP, 1980), chap. 2 et 4. Le classique de A. et N. Clow, *The Chemical Revolution* (The Balchworlh Press, 1952), tout en se concentrant sur l'Ecosse de 1750-1820 environ, montre que les nouvelles théories de Lavoisier, Davy, etc. ne jouent guère de rôle dans la chimie industrielle de l'époque.

[9] Pour simplifier, nous appelons Angleterre ce que les natifs appellent *England, Wales and Scotland.*

[10] Voir les livres de Derek Howse, notamment *Nevil Maskelyne : The Seaman's Astronomer* (Cambridge UP, 1989), ainsi que David Landes, *L'heure, qu'il est* (trad. Gallimard). Le problème technique consiste à comparer l'heure locale (facile à déterminer grâce à l'observation du Soleil) à l'heure du point de départ fournie par une horloge ; or, en une minute, la Terre, à l'Equateur, tourne de 27 km environ, même après trois mois de navigation…

Huntsman, de la technique de l'acier au creuset qui, pour la première fois, permet, en fusionnant des barres de fer et de fonte avec un fondant qui les affine, de couler des lingots de dix à vingt kilos de très haute qualité. C'est du civil – la coutellerie de Sheffield en profitera – mais vers 1860 on l'appliquera à l'artillerie et aux plaques de blindage en attendant des méthodes plus efficaces.

Il n'y a aucune grande innovation dans l'armement avant le milieu du XIXe siècle ; la vraie révolution militaire de l'époque porte sur les fortifications, l'organisation des armées et des transports, la généralisation des uniformes et de l'exercice, la discipline au combat et la standardisation des armes: celles-ci, tout au moins sur terre, ne représentent du reste qu'une minime fraction du cotit des guerres. Il faut toutefois noter que l'usinage des canons, donc aussi leur portée et leur précision de tir, s'améliore considérablement, après 1750 grâce aux nouvelles machines à forer les tubes – les cylindres de James Watt en profitent – et que Gribeauval allège et standardise le matériel à temps pour les guerres de la Révolution [11]. Des chimistes, de Réaumur à Berthollet en France, commencent à comprendre le rôle du carbone, du soufre et du phosphore dans la métallurgie du fer, sujet certes non dépourvu de rapport avec l'armement.

Il va de soi que la poudre à canon intrigue beaucoup de scientifiques, qu'il s'agisse du comportement physique des gaz que Robins commence à comprendre grâce aux travaux de Boyle, Huyghens et autres, ou des mystérieuses réactions chimiques produites par l'explosion, réactions auxquelles on ne comprend rien avant de connaître an minimum l'existence et le rôle de l'oxygène et de l'azote. Elles intriguent notamment le jeune Berthollet et à fortiori Lavoisier [12], directeur de la Régie des Poudres sous Louis XVI, qui

---

[11] Voir tes chapitres 4 et 5 de William H. McNeill, *The Pursuit of Power. Technology, Armed Forces, and Society since A. D. 1000* (Chicago UP, 1982, trad. fr. *La course à la puissance,* Economica, 1992). Lecture hautement recommandée bien que les aspects proprement scientifiques en soient absents.

[12] Bernadette Bensaude-Vincent, *Lavoisier, mémoires d'une révolution* (Flammarion, 1993), Arthur Donavan, *Antoine Lavoisier, Science and Revolution* (Blackwell, 1993), Jean-Pierre Poirier, *Lavoisier* (Pygmalion, 1993).

améliorent appréciablement la qualité des poudres et introduisent en France des salpêtrières permettant de tripler la production nationale. Mais ce n'est pas avant l'empire que les travaux de Proust en Espagne de 1785 à 1806, commenceront à éclaircir le sujet tout en confirmant que la composition traditionnelle est pratiquement la meilleure possible [13]. Notons en passant qu'à, partir de la fin du XVII[e] siècle, les mines consomment beaucoup plus de poudre noire que les militaires. Notons aussi qu'un Du Pont de Nemours, physiocrate familier des chimistes et particulièrement de la séduisante Mme Lavoisier, finira, peu avant, 1800, par émigrer avec son fils chimiste aux États-Unis ; ils fondent aussitôt à Wilmington, en Pennsylvanie, une fabrique de poudre noire d'où sortiront un peu plus tard deux articles que le père fondateur eût peut-être trouvés à son goût ; les bas nylon et les piles plutonigènes du Manhattan Project.

La balistique commence à ressembler à une science mathématique et expérimentale vers 1740 ; le mathématicien anglais Robins invente des instruments pour mesurer la vitesse initiale d'un boulet et la résistance de l'air (proportionnelle au carré de la vitesse en dessous de 300 m/sec et au cube au dessus, curieusement), ce qui lui permet de montrer qu'une trajectoire de dix sept miles selon Galilée est, dans la réalité, inférieure à trois miles ; on commencer même à. calculer des tables de tir « par la méthode des trapèzes », nous dit Steele : vaste programme pour l'époque… Le livre de Robins (1742) est traduit pour le roi de Prusse par Euler qui l'agrémente de ses commentaires et, en France, par l'un des instructeurs du futur Napoléon ; celui-ci en rédige un résumé fort correct.

Dans un domaine voisin, il y a bien sur les travaux de Monge sur la géométrie descriptive appliquée à l'art des fortifications. Les premiers

---

[13] Voir Seymour H. Mauskopf, *Gunpowder and the Chemical Revolution* (Osiris, 2d séries, vol. 4, 1988) et un article sur Proust, *Technology and Culture*, 1990. Aussi Gillispie, *Science and Polity…*, cité plus loin. L'histoire des explosifs fait l'objet d'un intéressant résumé dans la nouvelle édition de l'*Encyclopedia Britannica* (tome 21, p. 275-282) où l'on trouvera ailleurs un article *War (Technology of)* d'une centaine de pages.

enseignements de Mathématiques, ceux de Belidor, Bezout et de l'abbé Bossut notamment en France, se rencontrent au XVIIIe siècle dans les écoles militaires ou de la marine, ce qui explique sûrement en grande partie le goût des artilleurs pour nos chères études et vice-versa ; les collèges de jésuites, eux, enseignent plutôt la géométrie : elle forme les esprits à la logique tout en étant d'une idéale neutralité philosophique.

Dans la France du XVIIIe siècle finissant, nous dit Gilllispie [14] :

> « Les scientifiques, et eux seuls, se pressèrent au service de chaque régime successif, sans aucune considération des distinctions politiques entre la droite et la gauche ou des distinctions constitutionnelles entre la liberté et la tyrannie, et ils reçurent en retour de chaque gouvernement successif des bénéfices institutionnels croissants […] la Science ne fut pus la source d'un mouvement de réforme ou de libéralisme. Son rôle était de fournir à la monarchie les services et les connaissances des experts. »

Commentaire qui oublie ceux qui perdirent la tête, au propre ou au figuré, sous la Terreur. De l'autre côté de la Manche, par contre, l'activité scientifique est encore, et pour longtemps, dans une très large mesure l'œuvre d'amateurs [15] finançant eux-mêmes leurs recherches grâce leur fortune personnelle ou aux revenus d'une profession.

Révolution et Empire

En France, la Révolution [16], comme on le sait, agite énormément les scientifiques français mais, mis à part le télégraphe optique qui n'est quand même pas une arme et les ballons de Montgolfier déjà

---

[14] *Science and Polity in France at the End of the Old Regime* (Princeton, UP, 1981), p. 550.
[15] D.S.L. Cardwell, *The Organisation of Science in England* (Heincmann, 1972), p. 17-21, qui précise qu'un "amateur" n'est pas un "dilettante"…
[16] Sur la Révolution et l'Empire, voir Maurice Crosland, *The Society of Arcueil* (Harvard UP, 1967), John Graham Smith, *The Origine and Early Development of the Heavy Chemical Industry in France* (Clarendon Press, 1979), Joachim Fischer, *Napoleon und die Wissenschaft* (Franz Steiner Vlg., 1988), Jean et Nicole Dhombres, *Naissance d'un pouvoir : science et savants en France, 1793-1824* (Payot, 1989), qui consacre fort peu de place aux activités militaires et F. B. Artz, *The Development of Technical Education in France, 1500-1850* (MIT Press, 1966), qui reste fort utile.

inventés et rapidement abandonnés, ne donne lieu a aucune innovation [17] technique militaire notable. Les activités de Berthollet et de ses collègues en ce qui concerne les poudres ou la fonte des canons sont surtout pédagogiques et transitoires, après quoi nombre d'entre eux seront bien davantage occupés à faire fortune dans l'industrie chimique – Smith détaille ce point –, à profiter des sinécures napoléoniennes, à mettre sur pied un « nouveau pouvoir » ou, plus simplement, à exercer leur métier : malgré son goût pour les scientifiques respectueux, goût qui contraste fortement avec son horreur des insolents « idéologues » de l'époque [18], l'Empereur se contente d'autant mieux des armements de Gribeauval – ils resteront en usage sans guère de changements jusqu'en 1850 environ – qu'il sait s'en servir et profite d'une abondante démographie.

Les grandes innovations françaises de la période 1789-1815, curieusement, sont civiles ou, à la rigueur, destinées à limiter les effets du blocus : soude “artificielle” que nombre de chimistes cherchent à réaliser économiquement bien avant 1789 à partir du sel marin et qui se répand difficilement au début, chlore de Berthollet que par l'intermédiaire de Watt les Anglais transforment, eu une *bleaching powder* beaucoup plus commode, sucre de betterave inventé en Allemagne cinquante ans auparavant, métier Jacquard, etc.

La grande innovation scientifico-militaire française de la Révolution, c'est l'Ecole polytechnique militarisée par Napoléon. Elle prépare la liaison entre les trois composantes de ce que, dans un autre contexte, le Sénateur Goldwater, rectifiant le Président Eisenhower, a appelé eu 1969 le *scientific-military-industrial complex* (SMIC), encore que les fondateurs eux-mêmes s'intéressaient bien davantage au « progrès des Sciences et des Arts » en général qu'à ses aspects militaires, comme en témoignent leurs autres initiatives

[17] Une innovation est une invention donnant lieu à une diffusion effective.

[18] Rappelons la fière réponse de l'historien Cabanis à Napoléon s'étonnant de ne plus le voir aux Tuileries depuis le Sacre : « Le pouvoir, Sire, attire l'ordure ». On n'imagine pas Laplace, Monge ou Fourier dans ce rôle, et lorsque Chaptal renonce à son ministère de l'Intérieur, c'est parce que son chef s'est intéressé de trop près à sa danseuse ; il reste Sénateur.

(CNAM, Muséum, Ecole Normale, système métrique, Bureau des Longitudes, etc.).

Les grandes inventions militaires qui apparaissent, vers cette période, à savoir les sous-marins des ingénieurs Bushnell (1776) et Fulton (1.799) aux USA, les torpilles [19] du même Fulton, les engins incendiaires et les obus à balles des militaires William Congreve (1791) et Henry Shrapnel (1800) en Angleterre, ne sont dues ni à des scientifiques, ni à des Français. Les sous-marins se réduisent à des prototypes inutilisables bien que Fulton – ingénieur génial qui inaugure aussi, avec succès cette fois, la navigation à vapeur et construit en 1813 un étrange navire de guerre [20] – en ait compris la plupart des principes. Ses inventions intéressent Pitt à Londres mais beaucoup moins les marins ; comme le chef de la Royal Navy le dira en 1804 à Fulton :

> « Pitt était le plus grand imbécile que la terre ait porté : il préconisait une forme de guerre dont les nations maîtresses des océans ne voulaient pas et qui, si elle était mise en œuvre avec succès, les priverait même de cette maîtrise. » [21]

Dangereux et imprécis, les engins à réaction de Congreve seront détrônés par l'arrivée des canons modernes après 1860 et ne jouent que des rôles très auxiliaires même s'ils peuvent incendier Copenhague ou Alger [22]. Les obus de Shrapnel, vieille idée, sont promis à un bel avenir

---

[19] Ce sont en fait des mines stationnaires ou fixées à l'extrémité d'une perche d'une dizaine de mètres et qu'une équipe de rameurs est chargée, à ses risques et périls, de faire exploser sur la coque d'un navire ennemi.

[20] Son *Demologos* est un énorme catamaran protégé par une coque en bois de cinq pieds d'épaisseur, propulsé par une machine à vapeur de 120 chevaux et une roue à aubes située entre les deux coques, et muni d'une trentaine de canons tirant des boulets de 32 livres portés au rouge dans la chaudière de la machine. Il arrive trop tard pour la guerre de 1812 entre les États-Unis et la l'Angleterre, et Fulton meurt en 1815. Sur Fulton et ses idées politiques, voir H. Bruce Franklin, *War Stars. The Superweapon and the American Imagination* (Oxford UP, 1988), chap. 1.

[21] C. J. Bartleti, *Great Britain and Sea Power, 1815-1853* (Oxford UP, 1963), p. 205.

[22] Paul Johnson, *The Birth of the Modem World Society 1815-1830* (Harper Collins, 1991), p. 286-291 pour le bombardement d'Alger en 1816 par la flotte anglaise. On

mais, comme l'arme précédente, ne révolutionnent rien ; la France ne les adopte pas avant le Second Empire.

On a quand même quelques idées en France. En traitant en 1787 la future eau de javel par de la potasse pour en éliminer le chlore superflu, Berthollet avait découvert un nouvel explosif, le chlorate de potassium ; il améliore la poudre à canon mais il est si instable qu'il pulvérise l'atelier destiné à le produire. On y revient, en 1793 : même résultat. Le chlorate attire un autre amateur de liaisons dangereuses, Chloderlos de Laclos, qui, vieille idée, ici encore, en remplit des boulets creux ; ils explosent avant d'être sortis du canon. On pense aussi à des boulets incendiaires : un sous-lieutenant Labre ayant inventé en 1788 une formule « inextinguible » passée en Angleterre avec son colonel, se manifeste auprès de Monge en 1793 ; on le charge de développer le projet ainsi que les idées de Laclos en y substituant la poudre classique au chlorate. Ses travaux, soutenus par des bureaucrates traversant les vicissitudes de l'époque, sont poursuivis pendant une dizaine d'années. Mais la Marine n'apprécie pas les risques que ces armes entraînent à bord de navires en bois et ballottés par les tempêtes, et elle sait que, si l'on s'en sert il faudra, peu de temps aux Anglais pour faire de même [23] comme l'avenir le montrera.

Enfin, il y a à cette époque, comme à toutes les autres, des travaux proprement scientifiques d'intérêt militaire potentiel ; mais quand leurs auteurs n'en sont pas totalement inconscients, les techniques de l'époque n'en permettent, aucune utilisation. Scheele et Berthollet n'ignorent pas davantage les effets du chlore que les ouvriers de Javel qui, parfois, se roulent par terre de douleur, nous dit Smith, ou que James Watt qui se dit « *afraid to attack so fierce and strong a beast, there is no bearing the fumes of it* », nous disent Musson et Robinson ;

---

trouve dans ce pavé de 1 095 pages beaucoup d'informations sur Congreve, Shrapnel, Fulton, les chimistes anglais, la Marine anglaise, les routes et les ponts, etc.

[23] Charles Coulton Gillispie, "Science and secret weapons development in Revolutionary France…" (*Hist. Studies in Phys. Sciences*, 23-1 (1992), pp. 35-152). Gillispie reproduit de nombreuses lettres échangées entre les chimistes et les politiques ou bureaucrates et semble voir dans la situation de 1793 de curieuses analogies avec les initiatives des atomistes en 1939-40.

pour autant qu'on le sache, ils ne sont pas assez sauvages pour imaginer la future guerre des gaz. Un chimiste allemand isole l'oxyde d'uranium en 1789 ; il colore les faïences en jaune. En (exposant à la lumière un mélange de chlore et d'oxyde de carbone, John Davy. frère du grand chimiste, découvre et baptise en 1811 le phosgène, $COCl_2$ Un certain Woulfe découvre en 1771 l'acide picrique, trinitrophénol, en traitant de l'indigo par l'acide nitrique ; la réaction, très exothermique, est apparemment retrouvée par Fourcroy et Vauquelin en 1794, lesquels constatent que le picrate de potassium est un explosif ; l'acide picrique sera l'un des premiers colorants chimiques quarante ans avant de devenir le premier explosif brisant après 1880. L'anglais Howard découvre en 1800 le fulminate de mercure, explosif trop violent, dit-il, pour remplacer la poudre à canon ; il sera utilisé quelques décennies plus tard comme détonateur dans les cartouches puis pour la dynamite civile de Nobel. Les fulminates intriguent beaucoup de chimistes, dont Gay-Lussac (qui dirige le Service des Poudres sous la Restauration et au delà) et Liebig vers 1825, qui en cherchent la composition.

On avance dans la nuit.

La révolution industrielle

Avant et pendant ce temps, l'Angleterre se lance dans une révolution industrielle [24] qui résulte comme on le sait de quelques innovations fondamentales s'étalant sur tout le XVIIIe siècle :

[24] On trouve dans le petit livre de Jean-Pierre Rioux, *La révolution industrielle, 1780-1880* (Seuil, 1989) une bibliographie de 402 titres sur le sujet (sans tes titres allemands, qui doivent bien exister…). Les volumes 3 et 4 de Carlo M. Cipolla, éd., *The Fontana Economic History of Europe* (Fontana/Collins, 1973), écrits par divers auteurs européens, sont passionnants mais épuises. Le classique de David S. landes, *The Unbound Prometheus* (Cambridge UP, 1969, trad. fr. *L'Europe technicienne,* Gallimard), oublie l'armement. Sur l'Angleterre, qui a fait l'objet d'un océan de littérature, le plus simple est sans doute de consulter le vol. 1 de R. Floud & D. McCloskey, eds., *The Economic History of Britain since 1700* (Cambridge UP, 1981). Le cas de l'Europe continentale est excellemment exposé dans Clive Trebilcock, *The industrialization of the Continental Powers, 1780-1914* (Longman, 1981). Enfin, le rôle

1) la substitution du coke au charbon de bois dans la métallurgie du fer (Darby père et fils, 1709-1730 environ) ;

2) la mécanisation du textile de 1733 à la fin du siècle ;

3) la machine à vapeur de James Watt (1765-1785 environ), qui perfectionne les pompes de Newcomen avant de se transformer en source universelle de force motrice ;

4) l'invention du puddlage par Henry Cort (1784) qui, combinée avec son utilisation de fours à réverbération et de laminoirs à rayures, transforme la fonte en barres de fer forgé ;

5) les débuts de l'industrie chimique (acide sulfurique à partir de 1750, chlore et soude un demi-siècle plus tard) sans laquelle l'expansion du textile eût été impossible.

On peut ajouter la technique de l'acier au creuset de Huntsman ; mais, en dehors de la coutellerie qui l'adopte lentement, en raison de son coût et de sa difficulté technique, son importance se manifestera au siècle suivant.

Si les nécessités utilitaires n'ont rien à voir avec le textile, la nouvelle industrie chimique ou la machine à vapeur, le lien avec la métallurgie au coke, qui peut paraître évident, ne l'est cependant pas [25]. La nécessité de remplacer le charbon de bois par du charbon de terre dans une Angleterre dont les forêts s'épuisent – la Marine y contribue fortement – était claire depuis longtemps ; la production de la fonte stagnait à 25 000 tonnes par an depuis 1650 et l'on devait en importer de l'Oural et du Pays basque. C'est un Quaker pacifiste, fondateur d'une longue dynastie de métallurgistes, qui résout le problème parce qu'il a la chance de trouver localement des matières premières acceptables et se borne à produire pour la vie quotidienne des ustensiles de prix relativement élevé n'exigeant pas une fonte de

---

très controversé du progrès scientifique, est étudié dans A. H. Musson et H. Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution* (Manchester UP, 1969).

[25] Très bon exposé sur Darby et Cort dans Franz Selmeier, *Eisen, Kohle und Dampf* (Deutsches Museum/Rowohlt, 1984).

qualité supérieure. Plus tard la fonte au coke, brute ou forgée comme chez Cort, servira à fabriquer des bâtis de machines, des rails pour les mines de charbon, des ponts (1779), des cylindres pour les machines de Newcomen et de Watt, des canalisations d'adduction d'eau, des charpentes pour le bâtiment, etc. en attendant la suite. En Angleterre, les procédés des Darby et de Cort se perfectionnent et se répandent, lentement dans le premier cas, rapidement dans le second, la transformation y étant quasi complète dès 1800 – mais pas avant 1850 au moins sur le continent où le charbon de bois reste abondant. La machine à vapeur, en actionnant les souffleries des hauts-fourneaux (Wilkinson, 1776), permet un fonctionnement beaucoup pins régulier et une température plus élevée que l'énergie hydraulique et autorise la métallurgie à s'installer à proximité des mines de charbon, le coke, peu friable, permettant d'augmenter considérablement la capacité des hauts-fourneaux.

Les nécessités militaires concernent les "marchands de canons" comme John Roebuck, inventeur vers 1750 des chambres de plomb pour fabriquer de l'acide sulfurique, qui crée en 1759 près de Glasgow les *Carron Ironworks* d'où sortiront en 1779 les *caronades* (orthographe militaire française) de la Royal Navy [26], ou comme John Wilkinson qui invente en 1774 une machine à forer les tubes d'artillerie permettant aussi un alésage précis des cylindres des machines à vapeur. Comme d'autres Anglais dans d'autres domaines – chimie ou textile – avant 1789, son frère William est appelé en France pour installer à Indret une fonderie de canons pour la Marine, et un officier d'artillerie, un de Wendel, entreprend alors, avec une aide gouvernementale, d'installer au Creusot une énorme métallurgie "à l'anglaise" pour alimenter Indret ; premier sur le continent, ce projet s'effondre sous l'Empire, sera repris en 1828 par deux Anglais et, une dizaine d'années plus tard, par un Schneider.

---

[26] Pièces en fonte courtes, aux parois minces, de gros calibre, utilisant *une* quantité réduite de poudre et servant au combat rapproché. L'East India Cie les adopte avant la marine militaire.

A la différence de Darby, Cort, pensait dès le départ, lui aussi, aux canons et ancres pour la marine : employé aux achats de la Royal Navy et la voyant refuser la fonte au coke, il décide d'en produire à un coût inférieur et à une qualité comparable à ceux de la fonte au charbon de bois ; son succès auprès de son principal client potentiel n'est pas pour autant immédiat en ce qui concerne les canons, la fonte au bois restant supérieure au début. La Marine lui commande par contre des quantités de fer forgé en barres, Cort s'associe au sous-intendant de celle-ci qui lui apporte 27 000 livres sterling contre ses brevets et la moitié des bénéfices. Hélas, la Navy découvre que le magot a été puisé dans ses coffres et Cort, qui perd tout y compris ses brevets, se retrouve avec une modeste pension (il a quand même rendu service…) jusqu'à, la fin de ses jours.

En fait, on pense maintenant que, dans l'Angleterre du XVIIIe siècle, la « révolution agricole », avec son besoin accru d'instruments en fer, est l'une des explications du démarrage de la métallurgie [27]. Les historiens ne sont guère d'accord sur la contribution des guerres de la Révolution et de l'Empire au développement de la métallurgie britannique [28] : de 10 à 25 % d'une production de deux à trois cent mille tonnes de fonte après 1800, le marché civil prenant le relais pendant les périodes de paix. Une crise survient lorsque celle-ci éclate en 1815, mais la croissance de la métallurgie britannique retrouve son exponentielle après 1820 et s'explique sans doute mieux, par l'abondance de charbons et minerais faciles à traiter [29],

[27] Voir le chapitre de Paul Bairoch dans le vol. 3 de Cipolla ou, du même, *Le Tiers-Monde dans l'impasse. Le démarrage économique du XVIIIe au XXe siècle* (Gallimard/Folio, 1992)

[28] Sous l'Empire, la Royal Navy comporte environ 250 navires de ligne à 60 ou 80 canons pesant jusqu'à 3 tonnes, plus des centaines de bâtiments moins imposants ; aux canons s'ajoutent les boulets, les ancres, le lest, etc., le tout à renouveler périodiquement.

[29] En fait, les meilleurs minerais de fer, à l'époque comme en 1940, sont suédois (car non phosphoreux) et l'Angleterre en importe de grandes quantités pour ses produits de qualité, en premier lieu la coutellerie de Sheffield ; au début du XIXe siècle, l'acier au creuset de qualité maximum était employé par Thomas Firth & Sons pour fabriquer les instruments suivants : « *taps, dies, graving tools, razors, axes, turning tools, pistol*

par le goût des Britanniques pour le fer et les machines, favorisé par un excellent système de brevets, ainsi que par les possibilités commerciales civiles qui se présentent en foule dans ce domaine comme dans les autres.

En dépit d'activités militaires encore plus substantielles, la France ne connaît, à la même période, aucune révolution ou expansion comparable dans la métallurgie. Outre la relative rareté et le coût des charbons et minerais convenables, les troubles et les guerres de la période se traduisent en France par un quasi arrêt des transferts de technologie de l'Angleterre vers la France, fort importants avant 1789, et par une chute considérable de la production dans beaucoup de secteurs (le textile, protégé clans une certaine mesure de la concurrence anglaise, fait exception) ; l'Empire ne parviendra pas à la compenser entièrement, sauf en exploitant l'Europe conquise, la Belgique et la Ruhr par exemple en profitant pour développer leurs industries ; la performance du Creusot en particulier semble avoir été fort médiocre. Par ailleurs, la Marine française ne se compare pas à sa concurrente. Noter en passant qu'à Trafalgar, la flotte de Nelson transporte autant de canons en fer, un millier, que la Grande Armée qui envahit la Russie avec ses canons en bronze.

On insiste souvent, sur les avantages que certains secteurs industriels tirent de la guerre ou de sa préparation ; on pourrait aussi se pencher sur les *opportun costs.* Id est les secteurs ou innovations qui ne se développent pas précisément, à cause de la guerre [30]. Bien que

---

cylinders, scythe blades, pen nib sheet » ; les épées se contentaient d'une qualité un peu inférieure. Kenneth C. Barraclough, *Swedish Iron and Sheffield Steel* (History of Technology, vol. 12, 1990).

[30] Le principal spécialiste français du sujet, François Crouzet, attribue à la « catastrophe » que fut la Révolution le retard de la France sur l'Angleterre, théorie qui semble acceptée par Braudel et Labrousse, *Histoire économique et sociale,* vol. III (PUF) comme par Trebilcock et par Claude Fohlen dans Cipolla, vol. 4. François Hincker, *La Révolution française et l'économie. Décollage ou catastrophe ?* (Nathan, 1989), conteste, mais ce court manuel pour étudiants innocents se place à un niveau de généralité beaucoup trop vaste pour être ici de quelque utilité. La guerre, a sans doute aussi un coût intellectuel, par exemple les Polytechniciens qui n'en sont pas revenus.

vainqueurs, les Anglais en sortent avec une gigantesque dette publique, des taxes sur d'innombrables produits et des émeutes populaires [31].

Après 1815, l'avance acquise par l'Angleterre, grâce notamment à l'interruption des transferts de technologie vers le Continent, lui permet d'inonder le continent, de textiles et d'objets manufacturés de toutes sortes. Elle exporte aussi, malgré les interdictions du gouvernement, des machines et des milliers d'artisans et ingénieurs qui, pendant une génération au moins, feront, parfois au prix fort, l'éducation des continentaux [32]. La « révolution industrielle », qui continue de plus belle en Angleterre, se propage alors plus lentement au Continent – France et Belgique d'abord, Allemagne ensuite, Russie à la fin du siècle – et donnera lieu à un prodigieux développement de l'industrie et des innovations techniques avant 1914 ; on y reviendra.

Le XIXe siècle

Le développement des universités et écoles techniques

Parallèlement, à ces développements industriels apparaissent au XIXe siècle des enseignements scientifiques et techniques dont l'histoire va, en apparence, nous écarter de notre sujet. Elle varie beaucoup d'un pays à l'autre, notamment en raison du rôle que les pouvoirs publics jouent en Allemagne et en France et ne jouent pas,

---

Tout cela est trop compliqué pour le présent auteur et même, apparemment, pour les experts. La charge idéologique du sujet n'échappera à personne.

[31] Voir par exemple Johnson, ch. 5 ; le contraste entre l'extrême richesse et l'extrême pauvreté provoque, avant même 1815, des émeutes (notamment contre les machines qui remplacent la main d'œuvre) qui effraient fort des dirigeants ayant peu de goût pour les excès de la Révolution française ; ils y réagissent de façon pragmatique et généralement non violente

[32] Voir Landes, chap. 3 et Robert A. Buchanan, *The Engineers. A History of the Engineering Profession in Britain, 1750-1914* (Jessica Kingsley, 1989), qui consacre un chapitre au sujet.

ou fort peu, en Angleterre et aux USA. On oubliera l'Angleterre [33] afin de limiter le texte, déjà trop long.

En ce qui concerne le monde germanique [34] qui servira de modèle ou de défi au reste du monde après 1870, l'X inspire, à un niveau probablement inférieur au début, une douzaine de prétendus imitateurs à Prague (1806), à Vienne (1815), puis à Karlsruhe, Munich, Dresde, etc. (neuf écoles entre 1825 et 1830), et à Zurich en 1855 ; s'y ajoutent nombre d'écoles professionnelles de niveau moins élevé, sans oublier renseignement primaire que la Prusse a rendu obligatoire un siècle avant tout le monde et un excellent système d'enseignement secondaire inauguré en 1819. On adopte plus ou moins la pédagogie (théorie et travaux pratiques) des fondateurs de l'X mais c'est la seule ressemblance : statut civil (il y a des académies d'artillerie pour les artilleurs) ; recrutement des étudiants sans concours, mais non sans contrôle, dès quinze ans au début, puis à la sortie d'une école préparatoire intégrée à l'établissement ; plusieurs sections entre lesquelles se répartissent, les étudiants (architecture, travaux publics, eaux et forêts, commerce, arts et métiers, en attendant le développement de sections de chimie puis d'électrotechnique), etc. Beaucoup de produits de ces écoles se

[33] Voir Peter Aller, *The Reluctant Patron. Science and the State in Britain*, 1850-1930, (Berg, 1987).

[34] Sur l'Allemagne, citons Karl-Heinz rVlancgold, *Universität, Technische Hochschulen und Industrie* (Dunker & Humblot, 1970), Yves Cohen et Klaus Mangrass, eds., *Frankreich und Deutschland. Forschung, Technologie und industrielle Entwicklung im 19. und 20. Jahrhundert* (E. H. Beck, 1990), comptes rendus d'un colloque franco-allemand, Charles H. McClelland, *State, Society, and university in Germany, 1700-1914* (Cambridge UP, 1980), Robert N. Proctor, *The Politics of Purity : Origins of the Ideal of Neutral Science* (Ph. D. Harvard, 1984), R. Steven Turner, *The Growth of Professorial Research in Prussia, 1818 to 1848* (Hist. Studies in Phys. Sciences, vol. 3, 1971, p. 137-182), Frederick Gregory, *Kant, Schelling, and the Administration of Science in the Romantic Era* (Osiris, vol. 5, 1989, p. 17-35, volume entièrement consacré à l'Allemagne). Pour les aspects les plus proches des Mathématiques, voir surtout Christia Jungnickel & Russell McCormack, *Intellectual Mastery of Nature. Theoretical physics from Ohm to Einstein* (Chicago UP, 1986, 2 vol.), qui traitent uniquement de l'Allemagne sans se borner à l'histoire « interne » du sujet.

dirigent en fait vers les services techniques des États dont elles dépendent plutôt que vers l'industrie, peu développée avant 1850.

Entre 1877 et 1890, et d'abord à Berlin, les neuf écoles initiales, dont les effectifs, le niveau intellectuel et le champ pédagogique se sont progressivement améliorés, obtiennent le titre de *Technische Hochschulen* (TH). Prétendant, au même prestige intellectuel que les universités – ce que celles-ci contestent vigoureusement –, elles renforcent leurs conditions d'admission en exigeant la même éducation secondaire complète que celles-ci tout en accentuant les aspects théoriques de leurs programmes : la technologie devient l'interface entre les sciences proprement, dites et l'industrie, ce qui fait dire à certains que le progrès des machines à vapeur résulte moins de la Thermodynamique que des expériences des praticiens; ils ne pourraient en dire autant du moteur Diesel, dont, l'inventeur a suivi les cours de Thermodynamique de Carl Linde, l'homme du froid. En fait, on est. obligé à partir de 1890 environ de fonder des écoles de niveau intermédiaire fortement appuyées par l'industrie, de même que beaucoup d'écoles privées de niveau variable ; le résultat est un enseignement technique très diversifié – l'autonomie dont jouissent les *Länder* y contribue fortement – produisant sensiblement plus d'ingénieurs, relativement à la population, que les pays concurrents. Grâce à Guillaume II qui passe par-dessus l'opposition des universitaires (détails dans Manegold), les TH obtiennent finalement en 1900 un statut équivalent à celui des universités et en particulier le droit de décerner des diplômes d'ingénieur-docteur. A la fin du siècle, elles commencent à disposer de laboratoires et, ateliers bien équipés et attirent des scientifiques de premier plan ne trouvant pas place dans les universités – manque de postes, spécialités non encore représentées, préjugés contre les Juifs. En 1913, les TH comptent 15 000 étudiants régulièrement, inscrits auxquels s'ajoutent 5 000 personnes autorisées à suivre les cours qui les intéressent. Les plus célèbres attirent, alors tant d'élèves étrangers – 30 à 40 % à Karlsruhe, Darmstadt et Dresde en 1906, Zurich jouissant d'une réputation équivalente – que des réactions épidermiques se produisent parfois, notamment à l'égard des nombreux Juifs d'Europe centrale ou de Russie (Haber, II, p. 43 et 45).

On considère de même généralement qu'en ce qui concerne l'organisation moderne des universités, c'est, la Prusse qui, à petite échelle au début, prend l'initiative avec la création en 1810 à Berlin, sur un modèle qui s'étendra au reste du pays après 1815, d'une université destinée à remplacer celles que Napoléon a fermées ou occupe, à compenser sur le plan culturel le prestige national perdu à Iena et plus généralement à revitaliser intellectuellement le pays dont les universités, à de rares exceptions près (Göttingen), sont tout, aussi décrépites et rétrogrades que celles que la Révolution a. fermées en France. Il règne dans les nouveaux établissements un degré de liberté qu'on n'a jamais rencontré ailleurs : liberté pour les professeurs de choisir le contenu de leurs enseignements et, pour les étudiants, de choisir les cours qu'ils suivent et de changer d'université ; le seul examen, pour les étudiants les plus motivés, est un doctorat final comportant une thèse assez simple et des interrogations .sur d'autres matières. Le contrôle sera quelque peu renforcé à la fin du siècle grâce à un examen intermédiaire.

Le but pédagogique des fondateurs est avant tout de fournir aux futures « élites » une formation culturelle : la célèbre *Bildung,* fondée sur une conception unitaire de la *Wissenschaft,* terme désignant l'ensemble des connaissances pouvant progresser rationnellement. Fortement influencé par les idées de philosophes, philologues et historiens désirant en finir avec l'obscurantisme clérical des universités traditionnelles, Wilhelm von Humboldt, fondateur de l'université et frère du célèbre géographe familier de l'X, insiste explicitement – c'est l'une des grandes nouveautés du système – sur la nécessité de parvenir à ce qu'il appelle une « unité de la recherche et de l'enseignement » et de fournir aux étudiants les moyens de réfléchir par eux-mêmes.

Ce programme ne se réalisera pas instantanément, bien sûr : on ne change pas par décret, les mœurs des universitaires, les grands hommes que tout le monde connaît ne tombent pas du Ciel tout armés, la plupart des étudiants, les *Brotstudenten*, cherchent à préparer scolairement les concours de recrutement officiels à la sortie

de l'université plutôt qu'à devenir des « bureaucrates-philosophes », le recrutement, d'étudiants motivés passe par le développement des lycées, etc. En fait, les despotes gouvernementaux, parfois éclairés, imposent, fréquemment jusqu'en 1848 leurs candidats aux postes vacants, au besoin après consultation d'experts ; le jeune Jacobi par exemple en profite à Königsberg et y fonde en 1835, avec Franz Neumann, le premier *Seminar* de mathématiques et de physique sur le modèle d'un séminaire de philologie qu'il a fréquenté à Berlin. A partir de 1850 environ, lorsqu'une chaire devient libre, la Faculté écoute généralement les avis d'experts et propose au Ministère une liste de trois noms parmi lesquels celui-ci choisit, généralement avant de négocier avec l'heureux élu son salaire et ses conditions de travail.

On fonde beaucoup d'espoirs sur la Faculté de Philosophie regroupant les disciplines littéraires et les sciences, bien qu'au début elle attire évidemment beaucoup moins d'étudiants que le Droit, la Médecine et la Théologie. Les sciences y sont d'abord représentées principalement par les Mathématiques, invention grecque favorisant la « réflexion libre et solitaire », et une *Naturphilosophie* plus proche de la métaphysique ou du mysticisme romantique que de Newton et de l'expérimentation qu'un Hegel méprise. Les littéraires considèrent la chimie comme une cuisine auxiliaire de la pharmacie [35], ce qui n'est pas entièrement faux puisque les cuisiniers découvriront avant 1914 le chloroforme, l'aspirine, les barbituriques, la Novocaïne, le 606 ou Salvarsan contre la syphilis et nombre d'autres produits pouvant profiter même aux philosophes.

C'est dans ce cadre, et sous l'influence des philosophes et littéraires, que naît et se développe une idéologie de la « science pure » opposée aux conceptions utilitaristes et commerçantes contre

---

[35] Le fondateur de la *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Arzte* se demande publiquement en 1829 ce qu'est « un philologue, qui ne connaît que des langues, qui ne sait même pas pourquoi il y a du tonnerre et des éclairs et encore moins pourquoi frappe la foudre, qui ne sait pas pourquoi le mercure baisse lorsqu'il va pleuvoir, qui ne sait pas que l'on peut mesurer la hauteur d'une montagne à l'aide d'un baromètre ni comment, qui n'a aucune idée de ce qu'est une machine à vapeur, qui avoue qu'il ne sait pas ce qui le chauffe et l'éclaire. » Borscheid, p. 38.

lesquelles tout le Romantisme se révolte. A Königsberg, Jacobi proclame déjà son mépris aussi bien à l'égard de ses collègues que des motivations utilitaires des étudiants et, extrême romantisme de l'époque et de la jeunesse, préconise comme chacun sait la pratique de la Science « *pour l'honneur de l'esprit humain* » ; à tout prendre, ce n'est pas pire que, par exemple, les vingt cinq ans d'Ulam à Los Alamos qui laissent froids les cyniques d'aujourd'hui rigolant de Jacobi. Elle est aussi motivée, dans les disciplines sensibles, par la nécessité d'observer une prudente « neutralité politique », *id est* de rester au large des idées subversives. D'autres l'adopteront ailleurs, soit pour proclamer la valeur intellectuelle de leurs travaux et, notamment en Allemagne, se démarquer des écoles techniques, soit en raison de leur peu de goût pour les préoccupations commerciales de l'industrie et le secret industriel. D'autres encore la rejetteront, notamment les Académies française et anglaise qui tout au long du XIXe siècle et au-delà, accueilleront volontiers des ingénieurs n'ayant eu qu'une activité scientifique marginale mais rendus célèbres par leurs activités techniques.

Esprits moins purs que Hegel ou Schelling, les cercles dirigeants prussiens ne sont quand même pas insensibles aux arguments utilitaires :

> « Contre le danger de nous trouver toujours plus étroitement limités par les efforts des autres nations manufacturières… l'aide que petit apporter l'État peut se résumer en un seul mot : Bildung ! »

A cette théorie de 1618 (on créée les lycées en 1819) que justifient le sous-développement allemand [36] et l'invasion des produits anglais répond l'idée encore prématurée de Humboldt selon laquelle l'industrie profitera automatiquement du progrès scientifique favorisé eu tant que tel (Manegold, p. 26-31). Ces préoccupations vont se manifester dans les universités comme dans l'enseignement technique.

Une intervention de Humboldt auprès du gouvernement de Hesse qui l'impose à la Faculté locale, permet à Justus Liebig, éduqué en

[36] Chevaux-vapeur installés en 1840 : 620 000 en Angleterre, 90 000 en France, 40 000 en Allemagne et en Belgique, total pour l'Europe 860 000. Cipolia, vol. 3, p. 165.

Allemagne puis en France par Gay-Lussac et autres et qui se dirige *a priori* vers la pharmacie, d'élaborer à l'université de Giessen à, partir de 1826 un système d'enseignement qui se propagera partout : apprentissage méthodique de l'analyse chimique que Liebig systématise et simplifie, présence constante au laboratoire des étudiants qui se lancent très tôt dans la recherche et s'instruisent mutuellement. Peu populaire parmi ses collègues avec lesquels il polémique énergiquement à l'occasion, Liebig est parqué pendant une douzaine d'années dans une baraque fort insalubre et doit financer lui-même en grande partie ses appareils et ses produits avant d'obtenir un vrai laboratoire organisé sur ses plans ; il y formera à la chimie organique naissante des quantités de spécialistes allemands et, bien davantage encore, étrangers. L'exemple et la propagande de Liebig et autres conduiront à la création ou au développement de laboratoires universitaires dirigés dans les années 1860 par des gens connue Wöhler, Bunsen, Kekulé, Baeyer, Hofmann ou Liebig lui-même (à Munich maintenant) et attirant déjà chacun des dizaines d'étudiants, ici encore pas tous allemands à beaucoup près.

La Physique expérimentale suivra le même chemin, avec un décalage d'une génération du sans doute au fait que son utilité pratique ne devient très visible qu'avec le développement de l'industrie électrique. Dans un ordre d'idées qui combine science et technologie et à l'initiative de gens comme Helmholtz et Werner Siemens [37] qui donne

[37] Officier d'artillerie qui comptera parmi ses plus proches amis les grands scientifiques de Berlin, notamment Helmholtz, (deux de leurs enfants se marient), Siemens met au point en 1847 un système de télégraphie, quitte aussitôt l'armée et fonde avec un mécanicien une compagnie qui devient rapidement la principale en Europe. Il expose à Paris en 1867 un modèle de dynamo qui lui assure la prépondérance dans le secteur de l'énergie électrique jusqu'à l'apparition d'AEG (licences Édison -General Electric) en 1883, mais les deux maisons s'entendent rapidement pour limiter la compétition dans ce domaine. Le groupe Siemens emploie 60 000 personnes en 1913 et, avec AEG, se situe alors entre General Electric et Westinghouse quant à la taille de l'entreprise. Siemens a deux frères aussi fort doués ; Wilhelm s'établit en Angleterre où il fonde la branche anglaise de la maison et, plus tard, invente pour la métallurgie le four qui porte son nom ; l'autre, Carl fait de même à St Petersbourg. Voir par exempte W. O. Henderson, *The Rise of German Industrial Power, 1834-1914* (California UP, 1975), p. 189-198, ou Chandler Jr., *Scale and Scope*

un terrain de 500 000 marks, naît en 1887 à Berlin un *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (PTR) gouvernemental ; à la fois institut de recherche et service de métrologie où l'on développe des instruments et méthodes de mesure de précision. Il sera présidé successivement par Helmholtz, Kohlrausch et Emil Warburg, i.e, par des physiciens de niveau maximum [38]. Tout en émettant des idées « darwiniennes » sur la compétition internationale, comme les appelle Cahan –mais elles se rencontrent à l'époque partout ailleurs –, Siemens insiste sur la nécessité de développer la recherche scientifique sans se préoccuper de ses applications immédiates, point de vue déjà proclamé par Helmholtz dès 1862, et de libérer des scientifiques éminents des taches d'enseignement. De plus ou moins bonnes imitations voient ensuite le jour ailleurs, le National Physical Laboratory anglais et, surtout, le National Bureau of Standards américain en 1901, qui comprend aussi une section de chimie et disposera rapidement de crédits très supérieurs à ceux du PTR. La France n'a rien de comparable.

En France et jusqu'aux lendemains de 1870, l'Université, au singulier, fondée par Napoléon en 1808 se compose d'académies comprenant au moins un lycée et quatre facultés gouvernées directement par le recteur et Paris (en fait, on en ferme en 1815 pour les rouvrir et en créer d'autres plus tard). Les sciences et les lettres, dix pour cent des étudiants pendant longtemps, forment principalement les futurs enseignants des Lycées et assurent le très lourd service (jusqu'à quatre mois par an) du Baccalauréat. En sciences, on ne compte encore que 350 étudiants inscrits en 1877, dont 2 à Besançon, 6 à Lyon et Toulouse… 27 à Nancy, 54 à Lille et 155 à Paris. Les facultés des sciences comprennent quatre professeurs, parfois un peu plus,

---

(cité plus loin), p. 464-474. Il y aussi (à Jussieu) une traduction anglaise des mémoires de Siemens.

[38] Leurs revenus le sont aussi : Helmholtz exige 30 000 marks – il en gagne 33 000 à l'université de Berlin –, soit le double du traitement d'un sous-secrétaire d'État ; même problème avec Kohlrauch. Tout cela est raconté en détail dans David Cahan, *The Physikalisch-Technische Reichsanstalt…* (Ph. D. Johns Hopkins, 1980) et un livre récent du même. Taux de change d'avant 1914 : 1 livre sterling = $5 = RM20 = 25 francs-or.

donnant pendant la courte année universitaire 4h30 de cours par semaine sur des programmes strictement contrôlés par Paris. En province, la plupart d'entre eux, jusqu'en 1850 au moins, enseignent aussi au lycée local ou l'ont fait pendant dix ou vingt ans. Même à la Sorbonne où enseignent des scientifiques éminents qui fonctionnent souvent aussi à l'X, au Collège de France ou au Muséum, les activités de recherche ne sont ni prévues, ni financées, ni hébergées [39]. En dépit des protestations, le Ministère réitère périodiquement la théorie officielle : subordination aux besoins du Secondaire. Entre 1848 et 1868, nous dit Terry Shinn, on agrandit les bâtiments des Facultés des Sciences de 480 m^2 au total, détail révélateur compte-tenu de la priorité que le Second Empire attribue au développement de la prospérité dans tous les domaines [40].

La situation commence à changer en 1869 ; on envoie Wurtz, qui a fréquenté Liebig, enquêter en Allemagne ; il en revient avec le rapport que l'on imagine. Il en sort l'Ecole pratique des hautes études et quelques chaires de physique ou chimie en province.

C'est 1870 – les catastrophes de 1793, 1870, 1940-44 et le coup d'État de 1958 ont beaucoup profité à la « Science française » – qui réveille les gouvernants sous l'influence d'universitaires comme Renan, Pasteur ou Berthelot invoquant l'exemple allemand [41] ; on remarque notamment que l'université de Strasbourg reçoit l'équivalent de 17 millions de francs pour améliorer son secteur scientifique. On crée

[39] On verra d'ailleurs encore un ministre déclarer en 1833 + 100 ans que « la recherche est une irrégularité sur laquelle nous fermons les yeux ».

[40] En 1867, l'économiste Michel Chevalier remarque dans son rapport sur l'Exposition universelle qu'avec « la moitié ou le quart » de l'argent dépensé à construire l'Opéra et ses abords, on aurait pu édifier à Paris un complexe d'institutions d'enseignement primaire, secondaire et supérieur bien pourvu en bâtiments et équipement scientifique. Sans doute exact, mais naïf. François Leprieur et Pierre Papon, *Chemical Industry in Nineteenth-Century France* (Minerva, 1979), p. 211.

[41] Voir l'exposé de Robert Fox dans Yves Cohen et Klaus Mangrass, eds., *Frankreich und Deutschland.* La supériorité allemande sur la France dans la plupart des domaines semble assez claire, voire même écrasante comme en chimie organique ; Leprieur et Papon notent p. 210 qu'en 1870, 94 % des articles sur la série du benzène cites dans le Bulletin de la Société chimique de France sont allemands.

alors des bourses pour les étudiants, on réunit les facultés en universités indépendantes du secondaire, on encourage la recherche qui devient, en théorie, le principal critère de nomination, on recrute 70 Maîtres de Conférence dès 1877-78, on augmente considérablement les crédits, on dépense, en un quart de siècle, 13 millions pour agrandir et rénover les installations scientifiques, dont 9 pour la Sorbonne. On ne va quand même pas jusqu'à accorder aux universitaires et étudiants la liberté pédagogique dont jouissent les Prussiens.

Grâce à sa sélection et à son corps enseignant, l'X, avec ses écoles d'application, produit des milliers d'officiers (artillerie terrestre ou navale, génie, infanterie, etc.) parfois fort capables ; on aurait envie dans certains cas d'ajouter : hélas. Elle produit aussi, jusqu'au milieu du siècle au moins, d'excellents scientifiques et quelques uns des meilleurs théoriciens de la technique dans certaines branches, ponts, hydraulique, construction navale par exemple, et assez tôt un petit nombre d'ingénieurs des télégraphes ; mais la caractéristique fondamentale de l'X pendant le XIXe siècle est un immobilisme que les écoles d'application ne compensent pas toujours. Pour fournir à l'industrie les ingénieurs qu'elle ne produit pas, l'École Centrale est fondée en 1829 par des industriels et scientifiques qui s'inspirent, du modèle initial de l'X en rejetant les « folies mathématiques » de Cauchy et Poisson. Les trois écoles d'Arts et Métiers recrutent, en nombre très insuffisant relativement à l'Allemagne, les enfants des « classes dangereuses » et les soumettent à une discipline draconnienne (on n'a pas oublié le cachot) contre laquelle ils se révoltent sauvagement ; il en sort des « sous-officiers » ou adjudants, de l'industrie ou des chemins de fer qui fondent souvent, des entreprises ; les distingués produits de l'X les regardent du haut de leurs origines sociales et de leur éducation mathématique. Le CNAM, avec ses cours du soir, produit, aussi des techniciens ou améliore leurs connaissances. Il y a enfin, en province, quelques écoles professionnelles fondées par des municipalités ou des industries locales. Mais à la fin du siècle, comme de nos jours, l'Allemagne produira environ deux fois plus d'ingénieurs et techniciens que la France.

Les universités réagissent. Sous la pression de notables locaux, de scientifiques excédés de l'accaparement des meilleurs étudiants par une Ecole polytechnique rétrograde, enfin, encore et toujours, de l'exemple allemand, on autorise après 1885 les universités de province à recevoir des fonds extérieurs et à créer des services, instituts ou écoles de sciences appliquées (Nancy, Lyon, Lille, Bordeaux, etc.) bénéficiant de subventions locales importantes (cinq millions à Lyon par exemple). La période 1900-1914 voit on conséquence les priorités de la plupart des universités de province s'orienter vers les besoins de l'industrie, le nombre des étudiants en technologie dépassant de plus en plus celui des étudiants en sciences proprement dits. L'évolution augmente considérablement les effectifs – 7 000 étudiants en sciences en 1914 – mais, à part, les Mathématiques, ne favorise pas la recherche fondamentale. De toute façon, la France s'engage au tournant des années 1900 vers la création d'une foule de petites écoles d'ingénieurs spécialisées – Physique et Chimie de Paris et Sup Elec pour commencer – puisque, lorsqu'un nouveau problème se pose, il est plus simple d'inventer une nouvelle structure que d'adapter les anciennes : d'où une nébuleuse d'établissements spécialisés mais rien de comparable aux TH allemandes. Nombre d'universitaires enseignent dans ces instituts et écoles, voire même les dirigent, et on aurait bien faire rire mes collègues de Nancy en 1946 en leur expliquant, comme M. Claude Allègre le fait encore, que depuis cent ans les universitaires français sont enfermés dans leurs tours d'ivoire [42]. Il est, vrai que la

[42] Sur la France, voir *La formation polytechnicienne 1794-1994* (Dunod, 1994), recueil d'articles dus à des professionnels de l'histoire des sciences citant toute la bibliographie du domaine, ainsi que les publications à venir du bicentenaire sur le rôle des Polytechniciens, Terry Shinn, *Savoir scientifique et pouvoir social. L'Ecole polytechnique* (Fondation nationale des sciences politiques, 1980), J. H. Weiss, *The Making of Technological Man : The Social Origins of French Engineering Education* (M.I.T. Press, 1982) pour Centrale, Antoine Picon, *L'invention de l'ingénieur moderne. L'Ecole des Ponts et Chaussées, 1747-1851* (Presses de l'Ecole Nat. des Ponts et Chaussées, 1992), Charles R. Day, *Education for the Industrial World. The Ecoles d'Arts et Métiers and the Rise of French Industrial Engineering* (MIT Press, 1987, trad. existe), Eda Kranakis, *Social Determinants of Engineering Practice. A Comparative View of France and America in the Nineteenth Century* (Social Studies of Science, Vol. 19, 1989) ; G. Weisz, *The Emergence of Modem Universities in France, 1863-1914* (Princeton UP, 1983); Mary-Jo Nye, *Science*

collaboration directe avec l'industrie reste quand même assez exceptionnelle jusqu'à la Seconde guerre mondiale, notamment, parce que, pour collaborer, il faut être deux.

L'Amérique n'est encore, jusqu'à la guerre de Sécession, qu'un petit pays par sa population et sa production intellectuelle. Du côté de l'enseignement technique, il y a très tôt des tentatives isolées. West Point, (1805), réorganisée plus tard un peu sur le modèle pédagogique de l'X, produit alors un *Corps of Engineers* qui jouera un rôle analogue à celui des Ponts et Chaussées français, notamment pour la construction des voies ferrées ; il y a aussi un *Rennselaer Polytechnic Institute* fondé par un philanthrope en 1826 et influencé ensuite par l'école Centrale française. Il y a enfin quelques services gouvernementaux qui contribuent à l'activité scientifique, notamment le *Geological Survey* dont, le Congrès se refuse à financer d'éventuelles activités scientifiques (ce sont les mines qui l'intéressent…) ou encore la Marine, qui construit subrepticement l'observatoire que le Congrès lui refuse et fera plus tard démarrer l'océanographie à Woods Hole, aujourd'hui le centre mondial de la discipline.

Le premier « grand bond en avant », comme l'appelle Noble, dans *America by Design,* est la loi fédérale de 1862 qui permet aux États de créer des collèges d'agriculture et de mécanique en les dotant d'un capital provenant de la vente de terrains fédéraux[43]. La plupart de ces collèges deviendront les *State Universities* actuelles par élargissements successifs de leur vocation initiale. Les fondateurs du MIT en 1861 – le

---

in the Provinces. Scientific Communities and Provincial Leadership in France, 1860-1930 (California UP, 1986) ; Harry W. Paul, *From Knowledge to Power : The Rise of the Science Empire in France, 1860-1939* (Cambridge UP, 1986) ; R. Fox et G. Weisz, eds., *The organization of science and technology in France, 1808-1914* (Cambridge UP/MSH, 1980), etc. On trouve tout à Jussieu.

[43] On attribue à chaque état autant de fois 30 000 acres du domaine public qu'il comporte de Sénateurs et de Représentants au Congrès ; 10 % du produit de leur vente peut être consacre à l'achat d'un campus, le reste, placé à 5 %, constituant la dot perpétuelle du collège à créer. K Kudolph, *The American College, and University. A History* (Vintage Books, 1962), p. 252.

principal d'entre eux trouvera son idéal à peu près réalisé en 1864 à Karlsruhe – en profitent ; dès 1870, Alexander Graham Bell y entame des recherches qui aboutiront au téléphone, on introduit l'*electrical engineering* en Physique en 1882, on fonde un laboratoire de biologie en 1884, et en 1902 est créé un département autonome d'*electrical engineering* appelé au développement que l'on sait [44].

L'enseignement supérieur américain traditionnel se compose, avant les années 1870, de *colleges* privés contrôlés par des *clergymen* polyvalents et destinés à « former le caractère » des étudiants, grâce notamment aux sports, aux « fraternités » et, espère-t-on, aux *Bible studies*. La place des sciences y est fort réduite à de rares exceptions près. Puis, sous l'influence du modèle allemand que l'on va imiter sélectivement, tout change graduellement ; au reste l'Amérique se peuple et s'enrichit.

Il y a d'abord la création des premières véritables universités. Ces établissements embrassant toutes les disciplines classiques et beaucoup d'autres par la suite (vers 1960, on parlera des *Multiversities)* sont caractérisés par l'existence des deux cycles d'études que tout le monde connaît, le second conduisant à un Ph. D. d'inspiration allemande (on oublie l'*Habilitation),* par le rôle qu'on y attribue aux activités de recherche et enfin par l'institution de départements indépendants les uns des autres, correspondant aux diverses disciplines, administrés de façon beaucoup plus démocratique que les facultés germaniques mais dont les enseignants ne jouissent pas, à beaucoup près, de la même autonomie à l'égard des exigences des étudiants que dans celles-ci. Les premiers et plus célèbres exemples, où la priorité de la recherche est proclamée d'emblée, sont Johns Hopkins à Baltimore, fondée en 1876 grâce aux 3,5 millions de dollars [45] d'un capitaliste local et où naît aussitôt l'*American Journal of Mathematics*, et Chicago, fondée en 1892 par

---

[44] Karl L. Wildes & Nilo A. Lindgren, *A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882-1982* (MIT Press, 1986). Histoire officielle…

[45] Cette somme est du même ordre que ce qu'à la même époque le gouvernement français consacre à la rénovation des Facultés des sciences.

John D. Rockefeller ; on pourrait y ajouter Stanford et Cornell fondées avant 1900 dans les mêmes conditions – encore que Mrs. Leyland Stanford s'intéresse avant tout à l'architecture du monument à la gloire de son défunt époux.

Le cas de Rockefeller est tout différent. Fortement influencé par un Révérend Gates, de la secte Baptiste comme lui, Rockefeller fournit d'abord 600 000 dollars pour lancer l'université et y attirer les meilleurs cerveaux disponibles sur le marché. Mais la gigantesque fortune du roi de la Standard Oil a été acquise dans des conditions provoquant de virulentes critiques publiques ; physiquement, et nerveusement démoli, ne parvenant plus à contrôler ses multiples affaires, Rockefeller s'en remet au Révérend pour administrer tout ce qui est dehors de la Standard Oil. Aussi doué, comme son patron, pour les affaires que pour les sermons et vice-versa, Gates lui prédit que sa fortune écrasera ses héritiers (elle dépassera le milliard de dollars en 1913 pour un PNB de 57 milliards) ; elle risque en outre de tomber sous le coup de taxes, notamment d'héritage, de plus en plus élevées, sans oublier la loi anti-trust qui, sans dommage pour sou propriétaire, démantèlera finalement la Standard Oil en 1911. La solution que Gates préconise est de consacrer une grande partie du magot à des opérations philanthropiques [46] – au total environ 400 millions dont bénéficieront l'éducation en général, Chicago (35 millions avant 1916), la recherche médicale (65 millions entre 1901 et 1928, le budget fédéral dans ce domaine ne dépassant pas 2,8

---

[46] Les fondations et universités dotées par les philanthropes placent leur capital en actions dont les revenus sont exempts d'impôts. La gestion financière en est assurée par des *trustees* nommés par le fondateur (y compris fréquemment la famille, comme dans le cas Rockefeller) se perpétuant par cooptation, qui contrôlent la politique de la fondation et qui, grâce au capital de celle-ci, peuvent intervenir dans les opérations financières du capitalisme privé, voire même obtenir des prêts à un taux préférentiel. Sur les Rockefeller, voir le passionnant et ironique pavé de Peter Collier et David Horowitz, *The Rockefellers. An American Dynasty* (Holt, Rinehart and Winston, 1976, existe en français) ; sur la recherche médicale, E. Richard Brown, *Rockefeller Medicine Men. Medicine and Capilalism in America* (California UP, 1979) est fort éclairant. Sur les fondations en général, Waldemar A. Nielsen, *The Big Foundations* (Columbia UP, 1972). Je m'abstiens de citer des ouvrages plus anciens et beaucoup plus corrosifs.

millions en 1938) et plus tard scientifique (Physique puis Biologie moléculaire), la santé publique, etc. – et à transmettre bien avant sa mort l'essentiel du reste à son fils qui continuera la tradition, mais pas au même niveau. Il va de soi que ces *benefactions* dans des secteurs soigneusement choisis contribuent puissamment à améliorer l'image de leur auteur, qui les fait parfois au moment précis où Washington s'intéresse de trop près à ses affaires.

Le roi de l'acier, Andrew Carnegie, qui n'a pas d'héritier et vend en 1901, pour quelque 400 millions, son affaire au banquier J. P. Morgan qui fonde United Steel, en laisse à peu près autant à des fondations, y compris vingt millions à une *Carnegie Institution* (Washington) vouée à la recherche principalement appliquée, ainsi qu'à une fondation pour la paix qui publiera nombre de rapports intéressants sur la Grande Guerre et reste active. George Eastman (Kodak), sans héritier lui non plus, donne au cours de sa vie environ 35 millions à l'université de Rochester et 20 au MIT, le tout sans aucune condition et même, dans le second cas, anonymement.

Ces fondations et philanthropes exercent jusqu'en 1940 une énorme influence sur les universités et la recherche scientifique non seulement en raison de la quasi absence de tout financement fédéral, mais aussi en raison du fait qu'elles n'aident fréquemment que les établissements administrés « rationnellement » et dont le niveau intellectuel est suffisamment élevé : « *making the peaks higher* » résume l'idéologie Rockefeller dans ce domaine [47]. Comme en matière de rationalisation économique, ces "barons voleurs" jouent, en somme le rôle que le gouvernement central ne remplit pas tout en diffusant les conceptions élitistes et les principes de *management*

[47] Les philanthropes et fondations ont aussi parfois des projets sensiblement moins élitistes mais d'autant plus populaires. Carnegie crée des centres médicaux, des jardins publics, des salies de concert, dépense 6 millions pour offrir 7 689 orgues aux églises et 60 millions pour donner 2 811 bibliothèques publiques aux villes qui s'engagent à les entretenir (il aurait eu peu de succès en France). Rockefeller développe l'éducation et les soins médicaux dans le Sud, son fils et sa belle-fille financent en 1927 la création du Muséum of Modem Art et dépensent des millions pour améliorer ou créer quelques-uns des plus célèbres parcs nationaux dans l'Ouest, etc.

propres aux dirigeants des grandes entreprises capitalistes. Nombre d'autres capitalistes suivront ces exemples jusqu'à nos jours : la fondation Howard Hughes pour la recherche médicale par exemple dispose de cinq milliards produits par la vente à General Motors des usines d'aéronautique militaire de l'ancien producteur de Hollywood chambré par les Mormons.

Bien entendu, les institutions traditionnelles sont obligées d'imiter Johns Hopkins et Chicago pour conserver leur rang intellectuel [48] et s'attirer les faveurs de millionnaires qui se bornent souvent à créer ou à aider un secteur particulier d'une université, voire même seulement à doter une chaire, mais à un niveau de financement qui n'en laisse pas moins les Européens médusés. Le contrôle des universités passe alors aux généreux donateurs et à leurs amis industriels, banquiers ou avocats d'affaires qui finissent par constituer 90 % de leurs conseils d'administration ; il faut bien faire fructifier et, employer rationnellement les capitaux dont les revenus permettent aux universités de vivre, et qui pourrait être plus compétent que ces *stars* du *business* ? Mais les *stars* en question y importent les pratiques de leur business, et les professeurs sont transformés en « *hirelings of those men of the world who increasingly dominant collegiate governing boards* » [49].

Il faut enfin noter que le développement des *State Universities* et d'institutions comme le MIT, qui attribuent d'emblée une grande importance aux enseignements techniques, pose un problème aux universités privées, nouvelles ou traditionnelles. Celles-ci seront obligées de suivre le mouvement, mais les départements d'*engineering* qui s'y créent seront contraints d'avoir de plus en plus recours à des enseignements quasi-scientifiques pour améliorer leur

---

[48] Encore que, comme le remarque Noble, les universités chic ne suivent le mouvement que d'assez loin avant 1940 : ce n'est pas vers les professions scientifiques que s'oriente la clientèle riche.

[49] Rudolph, p. 427. David F. Noble, *America by Design. Science, Technology, and the Rise of Corporate Capitalism,* (Knopf, 1977), insiste beaucoup plus sur ce point que le très modéré Rudolph et est beaucoup mieux documenté, mais son ironie ne lui a pas valu que des amis.

statut de seconde zone : hostilité idéologique entre scientifiques et ingénieurs qui se rencontre partout. L'évolution est souvent appuyée par des *trustees* sachant qu'elle correspond à l'intérêt de l'industrie, laquelle, dans ses écoles maison, se charge souvent de la formation pratique complémentaire des ingénieurs.

A partir de la fin du XIXe siècle, ce sont principalement les nouvelles grandes entreprises capitalistes (General Electric, AT&T, Westinghouse, Standard Oil, Du Pont, etc.) qui, de plus en plus, emploient les vrais ingénieurs et ce sont elles aussi qui, avant, la Grande Guerre, se dotent de services de recherche et développement [50]. On aboutit ainsi, aux USA, à une symbiose plus ou moins complète entre l'industrie d'une part, les départements techniques et parfois scientifiques des universités ou instituts de technologie d'autre part. Au conseil d'administration du MIT siègent en 1914 les dirigeants d'entreprises telles que AT&T, GE, Du Pont, Eastman-Kodak, Westinghouse, etc. : ce sont tous des anciens élèves de la maison.

L'ingénieur en chef d'AT&T exprime en 1916 une idée appelée à. un grand avenir :

> « En dernière analyse, la distinction entre la recherche scientifique pure et la recherche industrielle est simplement une question de motifs. »

Noble, qui la commente dans *America by design* (page 112), note que la recherche désintéressée de la vérité et celle de l'utilité et du profit, ne sont nullement incompatibles et qu'en somme :

> « Le scientifique pourrait continuer à se plonger dans les mystères de l'univers sans s'occuper lui-même des questions pratiques ou financières aussi longtemps que ses découvertes peuvent facilement être traduites par d'autres en moyen du développement industriel

---

[50] Outre Noble, voir D. A. Hounshell et J. K. Smith, *Science and Corporate Strategy : Du Pont R&D, 1902-1980* (Cambridge UP, 1988) , L. S. Reich, *The Making of American Industrial Research : Science, and Business at GE and Bell, 1876-1926* (Cambridge UP, 1985) et Thomas P. Hughes, *American Genesis : A Century of Invention and technological Enthusiasm* (Viking, 1989). Il y a beaucoup d'autres titres sur ce genre de sujet, mais ceux qu'on vient de citer sont particulièrement remarquables.

> capitaliste. Il n'est pas demandé d'accord sur les motifs. Tout ce qui est demandé est une coordination satisfaisante entre les moyens et les fins et, à cet effet, une organisation adéquate. »

Beaucoup d'autres utilisateurs de la recherche fondamentale que l'industrie capitaliste, l'industrie socialiste, la DCA et ses homologues étrangers par exemple reprendront ce commentaire à leur compte, ironie en moins et, parfois, cynisme en plus. La recherche fondamentale consisterait en somme à élaborer sans motifs pratiques un catalogue d'outils à la disposition de tous les utilisateurs. Comme on le verra, deux guerres mondiales et la guerre froide poseront de ce point de vue à certains scientifiques des problèmes éthiques plus sérieux que la transformation de la nitrocellulose en soie artificielle.

Ces développements américains ne passent pas inaperçus en Allemagne. Dès la fin du siècle, Félix Klein, qui a visité les USA, tente d'obtenir la fusion des universités et des TH : les deux parties y résistent énergiquement comme Manegold le relate en détail. Klein doit se contenter de susciter une « association université-industrie » à Göttingen (quolibets des socialistes…), d'encourager le développement de petites entreprises *high-tech* autour de la ville et de faire nommer à Göttingen trois scientifiques fortement portés vers les applications : Runge en analyse numérique, Wiechert en Physique et surtout Prandtl, futur pape de l'aérodynamique auquel s'adjoindra le hongrois von Karman.

Une conséquence plus sérieuse de ces progrès américains, et d'autres beaucoup moins spectaculaires mais non négligeables en France et en Angleterre, est qu'à partir de la fin du siècle on s'inquiète en Allemagne de cette concurrence. A cette époque, l'Amérique possède déjà des industries de taille maximum (U. S. Steel, qui produit quasiment autant d'acier que l'Allemagne [51], General Electric, AT&T, Westinghouse, Standard Oil, etc.), des industries de mécanique légère qui envahissent les marchés européens comme le montre Chandler, des universités fort riches et,

[51] En 1910, les USA produisent 26,5 millions de tonnes, l'Allemagne 13,6, l'Angleterre 6,5 et la France 3,4.

grâce aux philanthropes, des crédits de recherche énormes pour l'époque ; le MIT possède en 1910 l'un des plus grands laboratoires de recherche du .monde en électrotechnique et, le National Bureau of Standards, inspiré du PTR allemand, a déjà deux ou trois fois plus de ressources que celui-ci. La France a quelques bons services de chimie dans des universités de province. L'Angleterre a finalement créé à Londres une imitation de la TH de Berlin, l'Imperial College of Science, des laboratoires de physique sérieux à Oxford et Cambridge, et de bonnes universités de province liées aux industries locales.

Ces faits inquiètent d'autant plus les Allemands que le gouvernement impérial doit faire l'ace à des dépenses militaires croissantes et à des déficits budgétaires – ils paraîtraient comiques aujourd'hui – qui limitent considérablement les crédits qu'il peut attribuer aux scientifiques. Comme le dit Johnson [52] :

> « Une armée prussienne équipée de l'artillerie Krupp la plus sophistiquée et une Marine Impériale possédant les navires de bataille les plus perfectionnés, toutes deux faisant preuve d'un insoupçonnable loyalisme à son égard et à l'égard de l'ancien ordre social, incarnaient le type de modernisation que désirait Guillaume II. » (p. 11)

Mais cette conception étriquée de la *conservative modernization,* comme l'appelle Johnson, ne convient évidemment pas aux scientifiques et aux industriels, même s'ils ne sont, pas opposés aux canons et cuirassés. A cela s'ajoute le fait que, si les industriels sont disposés à financer les recherches qui leur sont d'utilité directe, ils n'ont pas, a priori, l'intention de se substituer au gouvernement dans ce domaine : ils n'ont pas, eux, autant d'argent à blanchir que Rockefeller & Co.

---

[52] Jeffrey Allan Johnson, *The Kaisers Chemists. Science and Modernization in Imperial Germany* (North Carolina UP, 1990) expose en détail les circonstances de la fondation de la KWG dont on va parler. Voir p. 18-19 des comparaisons entre les ressources allemandes et américaines. Dès sa création en 1901-2, le Rockefeller Institute for Medical Research consacre à la recherche pure l'équivalent du budget total d'une grande université allemande. Johnson nous dit ailleurs, référence allemande à l'appui, qu'à cette époque la politique militaire et coloniale absorbe 90 % du budget impérial (lequel ne comprend évidemment pas les budgets des *Länder*).

Tout, cela inquiète en particulier Emil Fischer, Walter Nernst et Wilhelm Ostwald, trois futurs prix Nobel ayant de lourds services d'enseignement et qui sont en train de développer de nouvelles disciplines, à la frontière de la chimie et de la biologie (Fischer) ou de la physique (Nernst et Ostwald), qui trouvent difficilement leur place dans les universités. Avec des collègues et industriels, ils tentent, à partir de 1905 de mettre sur pied à Berlin un analogue du PTR pour la chimie. Leurs efforts échouent : l'administration prussienne (à distinguer de l'impériale) estime que les industriels peuvent payer la note, alors que ceux-ci sont loin de réunir les capitaux nécessaires. La situation est débloquée en 1909 lorsque de hauts fonctionnaires suggèrent d'organiser plutôt une association pour la recherche en général dont le capital serait fourni par l'industrie et qui, idée de génie, serait patronnée par Guillaume II à l'occasion du centenaire de l'université de Berlin en 1910. Un professeur de théologie et historien des universités, Adolf Harnack, bien introduit auprès de l'Empereur qui l'a nommé directeur de la Bibliothèque nationale, sert d'intermédiaire ; le plan qu'il propose à Guillaume II, assaisonné comme il se doit de considérations nationalistes et darwiniennes (voir ci-dessous), est accepté avec enthousiasme par le Très-Haut.

Ainsi naît à la fin de 1911, avec une structure administrative bizarre, la *Kaiser Whilhehm Gesellschaft* (aujourd'hui Max Planck G.) pour le développement de la recherche, avec ses instituts de chimie, de chimie-physique et électrochimie, de biochimie, de chimie du charbon, au reste peu actifs encore avant 1914 ; la grande expansion viendra, plus tard. L'institut de recherche sur le charbon, situé à Mülheim dans la Ruhr, est entièrement financé par la ville qui vient d'empocher une fondation créée pour la veuve d'un métallurgiste, elle même sœur de Hugo Stinnes, l'un des rois du charbon et du fer, lequel entre au conseil d'administration (vice-président) en compagnie d'un autre poids lourd de la métallurgie, August Thyssen ; on pense déjà sérieusement à la future essence synthétique, que Bergius est en train de développer eu laboratoire, et Fischer, qui a des visions d'avenir encore bien plus avancées, prédit que l'on pourra tout synthétiser, les protéines par exemple. L'institut, de chimie physique est dirigé par Fritz Haber que

sa synthèse directe de l'ammoniac a rendu célèbre (la BASF est en train de l'industrialiser à grands frais) ; il est quasi indépendant de la KWG et à peu près entièrement financé par la fondation Koppel, créée en 1905 par un banquier juif contrôlant notamment la société Auer (gaz d'éclairage à Berlin). Le Kaiser fournit à la KWG le terrain de Dahlem et la Prusse quelques postes de directeurs, tandis que plus de 200 contributions privées rassemblent 13,6 millions de marks avant 1914. Les principaux donateurs entrent dans le conseil d'administration de la KWG, lequel comprend quinze hommes d'affaires et quatre scientifiques sous la présidence de Harnack ; avec une contribution de 400 000 marks, Gustav Krupp, qui emploie un chimiste ancien élève de Fischer, est nommé vice-président ; il remercie en ajoutant un million.

Emil Fischer connaît son Allemagne, comme dit Johnson. Il sait, que ses instituts n'attireront guère les mandarins universitaires : salaires trop faibles [53], pas d'avancement en vue, pas on peu d'étudiants pour participer gratuitement au travail de laboratoire. Il a donc pris la précaution d'attirer vers ses instituts quelques éminents scientifiques juifs ou convertis (cas de Haber) ayant peu de perspectives universitaires : Augustus von Wassermann, Emil et Otto Warburg, Richard Willstätter, Paul Ehrlich, l'homme du 606, Fritz Haber, etc. Fischer fait appel corrélativement à ce qu'on appelle à l'époque des banques juives qui donnent patriotiquement 1,6 millions de marks auxquels Léopold Koppel ajoute son million. Au total, avant 1914, la KWG reçoit (directement ou non) 13,6 millions de marks, dont 3,8 de l'industrie lourde, 2,1 des industries chimique et, électrique et 3,5 des banques (Johnson, p. 115). Le conseil d'administration de l'institut de chimie comporte 8 juifs –

[53] L'institut de chimie héberge notamment Otto Hahn et Lise Meitner, encore très jeunes mais déjà fort connus pour leurs travaux communs sur la radioactivité. Le salaire de Hahn, 5 000 marks, est directement fourni par deux industriels ; Meitner – femme, autrichienne, physicienne et juive, comme le note Johnson – n'est d'abord qu'une hôte sans salaire ; on lui accordera 1 500 marks en 1913 (le mécanicien du labo en reçoit 2 280) puis 3 000 lorsqu'elle recevra une offre de l'université de Prague (Johnson, p. 169, 173-175). En fait, la plus grande partie des 13,6 millions recueillis avant 1914 finançant la construction et l'équipement des instituts, les crédits de fonctionnement sont limités.

scientifiques et industriels – sur 24 personnes. On pense même à un institut de Physique pour Einstein lorsqu'il arrive à l'Académie de Berlin en 1914, mais la guerre en décide autrement. On pense aussi à fonder un institut pour Prandtl à Göttingen, mais ici encore la guerre éclate et ce sont principalement les militaires qui fourniront les crédits pendant celle-ci.

Il peut être intéressant, pour terminer cette partie de l'exposé, de juxtaposer deux déclarations allemandes séparées par un demi-siècle :

> « Ce n'est, toutefois pas seulement, grâce aux machines que les forces humaines ont été multipliées, ce n'est pas seulement sur les canons de campagne en acier coulé et les navires cuirassés, sur les ressources en nourriture et en monnaie, que repose la puissance d'une nation. […] Les hommes de science constituent une sorte d'armée organisée. Ils tentent, pour le bien de la nation et presque toujours sur son ordre et à ses frais, d'augmenter les connaissances qui peuvent servir à faire croître l'industrie, la richesse, la beauté de la vie et à améliorer l'organisation politique et le développement moral du citoyen individuel. On ne devrait donc certainement pas s'enquérir des usages immédiats comme le fait si souvent l'homme non informé, l'ont ce qui nous fait connaître les forces naturelles ou les pouvoirs de l'esprit humain est précieux et peut en temps opportun être utile, habituellement à un endroit où on l'aurait le moins attendu. » [54]

> « La force militaire et la Science sont les deux solides piliers de la Grande Allemagne, et en raison de ses glorieuses traditions l'État prussien a le devoir de veiller à leur maintien. […] Les maîtres grandes nations civilisées ont reconnu les signes des temps, elles ont attribué ces dernières années d'énormes crédits à l'avancement de la recherche scientifique. […] Cette réalité est dès maintenant lourde de conséquences politiquement et le sera aussi de plus en plus économiquement. Lourde de conséquences politiquement car, à la différence du passé, l'extraordinaire montée du sentiment national donne aujourd'hui une empreinte nationale à tous les résultats de la, recherche scientifique. » [55]

---

[54] Helmholtz, 1862, cité dans la thèse de Cahan.

[55] Harnack à propos de la KWG, cité dans Michael Eckert & Helmut Schubert, *Kristalle, Elektronen, Transistoren* (Deutsches Museum/Rohwott, 1986), p. 49.

On peut présumer que les scientifiques allemands ne partageaient pas tous les idées d'Harnack. Mais le fait qu'il était nécessaire de les exprimer à l'intention du gouvernement impérial n'était sûrement pas sans signification. Harnack, quant à lui, y gagne un « von ».

Science et Industrie

Revenons maintenant à la technique. La révolution industrielle qui se poursuit au XIXe siècle conduit à une foule d'innovations. Perfectionnement de la machine à vapeur, des cokeries, des hauts fourneaux et laminoirs, invention des marteaux-pilons et presses hydrauliques, production d'acier liquide à la tonne après 1860. Mécanisation du textile qui se poursuit et en fait le plus important secteur industriel du siècle. Industrie chimique (acide sulfurique, chlore, soude, engrais, colorants, photographie, plastiques, fibres artificielles, médicaments, électro-chimie, pétrole, catalyse, etc.). Chemins de fer, navigation en fer et. à. vapeur. Machines agricoles. Télégraphe électrique, téléphone, éclairage, énergie et traction électriques. Turbines hydrauliques, à vapeur et à gaz. Moteurs à explosion (gaz, essence, Diesel), automobile, aéronautique. Machines frigorifiques (alimentation d'abord, liquéfaction des gaz ensuite). Imprimantes rotatives et linotypes, machines à écrire ou comptables, trieuses à cartes perforées d'Hollerith. Cinéma, radio, etc.

On pourrait croire que ces innovations sont dues à des scientifiques ou à des ingénieurs très instruits. En fait, les *practical men* éduqués sur le tas dominent encore la métallurgie, la mécanique ou la construction navale au delà de 1870, particulièrement, aux USA et en Angleterre [56] ; dans des branches comme les chemins de fer, les machines textiles ou les machines outils, un nombre impressionnant d'innovations majeures leur sont dues et la chimie reste longtemps la

---

56 Conelli Bamctt, *The Pride and the Fall. The Dream and illusion of Britain as a Great Nation* (Macmillan, 1987), se livre à une critique féroce de leur influence jusqu'à la dernière guerre; voir notamment les chap. 10 et 11. Cardwell n'est pas beaucoup plus indulgent. Cela n'empêche pas la métallurgie et la construction navale britanniques d'être encore honorables jusqu'en 1914…

seule industrie où des connaissances scientifiques, au demeurant fort simples avant l'arrivée de la chimie organique, soient vraiment, utiles. Mais l'influence de ces hommes dans les branches "scientifiques" ne dure pas longtemps même si des bricoleurs astucieux peuvent encore réussir au début, au besoin en s'informant comme les frères Wright, le feront encore dans les débuts de l'aviation. Deux exemples classiques montrent l'évolution.

Vendeur ambulant à bord d'un *Grand Truck Railroad,* Édison (1847-1931) y trouve à quinze ans l'occasion d'apprendre la télégraphie. Tout en menant une vie de quasi -vagabond due à un tempérament qui lui fait perdre ses emplois, il achète des livres techniques et découvre les œuvres de Faraday dans une bibliothèque publique. Ses premières réussites techniques et financières – transmission en duplex et surtout un téléscripteur qui intéressent fort la Western Union et Wall Street – lui permettent de monter à Menlo Park, New Jersey, sa première « usine à inventions » d'où sortent entre 1877 et. 1888 [57] un miméographe, un microphone à pastille de carbone qui permet le téléphone à longue distance, le phonographe, la lampe à incandescence à vide et filament de carbone, le premier système de distribution de courant électrique, la traction électrique, plus tard un appareil de cinéma, les batteries alcalines, la séparation magnétique des minerais (1 250 000 $ perdus sans résultat en dix ans), etc. Dès 1885, il est pour le public l'archétype du génial WASP sans instruction qui fait pleuvoir sur l'humanité ébahie les merveilles qu'il invente la nuit dans l'atelier où, de temps à autre, il passe deux heures à dormir tout habillé sur une table. Il reçoit quand même toute la littérature technique, utilise tous les instruments, machines et produits chimiques disponibles et emploie d'excellents ingénieurs et techniciens ainsi que des gens connaissant suffisamment de mathématiques et de physique pour répondre à ses questions et calculer ses circuits ou ses dynamos.

[57] Après 1888, la fortune d'Édison lui permet d'acquérir une propriété de 235 000 $ à West Orange, NJ, et d'y installer un énorme laboratoire, de 150 000 $ pour remplacer Menlo Park.

Édison est en fait l'un des inventeurs des laboratoires de recherche et développement (R&D) et ne s'intéresse vraiment qu'aux problèmes qui promettent une industrialisation fructueuse qu'il met fréquemment en place lui-même. Il est en relations avec les trusts du télégraphe et les plus grands requins de la finance dont il adopte dans une large mesure les méthodes. Pour le plus grand profit des *lawyers* qui soutirent jusqu'à cent mille dollars de leur client – à une époque où un ouvrier gagne 50 cents par jour –, il livre d'innombrables batailles juridiques à propos de ses brevets ou de ceux des autres, car bien sûr Édison, comme tous les innovateurs, a presque toujours eu des précurseurs [58] et des imitateurs ; l'Amérique de l'époque n'est pas exactement le paradis du *fair-play* commercial.

Mais lorsqu'en 1889-1892 le banquier J. P. Morgan, qui finance son entreprise électrique, intègre celle-ci et la Thomson-Houston dans la General Electric (GE) qu'il fonde, le magicien est rapidement neutralisé : outre qu'il n'accepte pas de participer à la direction d'une entreprise qu'il ne contrôle pas totalement, il ne comprend pas les courants alternatifs de Nikola Tesla et George Westinghouse qui permettent la distribution à longue distance. Pour les discréditer, il en montre le danger supposé en électrocutant, des dizaines d'animaux, des chats jusqu'à un cheval ; un de ses collaborateurs temporaires, plus imaginatif dans ce domaine restreint, invente la chaise électrique. L'électricité passe sous la direction d'ingénieurs ayant reçu une formation systématique en physique et mathématiques comme Georg Steinmetz, jeune et brillant Allemand importé qui, chez GE où il jouit de la plus grande liberté, sera pendant des décennies l'expert américain maximum de la nouvelle technique – il inaugure en 1893 l'usage des nombres complexes dans

[58] Notamment, à propos de la lampe à incandescence, le chimiste anglais Joseph Swan qui s'intéresse au sujet depuis bien plus longtemps et qui, au lieu d'envoyer comme Édison aux quatre coins de la planète des agents chargés d'en ramener toutes les espèces possibles de fibres végétales susceptibles, après carbonisation, de fournir des filaments, a l'idée plus ingénieuse d'utiliser des fils à base de nitrocellulose. Édison est obligé de s'entendre avec Swan, dont des élèves se lanceront plus tard dans les fibres artificielles.

le calcul des circuits alternatifs – ainsi qu'un très influent avocat de la formation scientifique des ingénieurs. Cela n'empêche pas la popularité d'Édison , qui donne son opinion sur tous les sujets et méprise les universitaires, d'atteindre des hauteurs vertigineuses : il sera encore, en 1945, « le plus grand homme de l'histoire du monde » après Jésus, Washington, Jefferson et le général Mac Arthur [59].

Pendant ce temps, Röntgen découvre les rayons X et d'autres la radioactivité ; les équations de Maxwell, via Hertz, conduisent des gens comme Marconi et Ferdinand Braun à la radio opérationnelle, expérimentée un peu plus tôt par Rutherford. Chez GE où l'on fait la course avec Siemens et AEG (entreprise fondée par Emil Rathenau, détenteur allemand des licences Édison), Irvring Langmuir, qui a fait son éducation chez Nernst en étudiant la dissociation des gaz au voisinage d'un filament incandescent, met au point en 1912 les filaments de tungstène et remplit, les ampoules d'azote pour en éviter le noircissement, en attendant l'argon déjà découvert par l'anglais William Ramsay. Autrement dit, ou passent des ingénieurs autodidactes ou formés sur le tas aux prix Nobel non seulement pour les théories scientifiques elles-mêmes, mais aussi pour des innovations techniques majeures.

En fait, Édison lui-même avait, sans rien y comprendre, anticipé quelques-unes de ces découvertes comme le montre l'exemple de la radio. En 1885, après avoir observé d'étranges et regrettables transmissions de messages entre lignes téléphoniques, il avait réussi à

---

[59] Voir Robert Conot, *Thomas A. Édison . A Streak of Luck* (1979, rééd. Da Capo), biographie détaillée utilisant pour la première fois les énormes archives de l'inventeur, Wyn Wachhorst, *Thomas Alva Édison . An American Myth* (MIT Press. 1981) et Thomas P. Hughes, *Networks of Power.* Noble, *America by Design,* mentionne fréquemment Steinmetz tout en insistant sur le fait que, de plus en plus, le rôle des ingénieurs est de « mettre la Science au service de l'industrie capitaliste ». L.S. Reich, *The Making of American Industrial Research*, est aussi fort éclairant. Steinmetz s'est en fait exporté lui-même car menacé d'arrestation en raison de ses idées socialistes. Il n'a aucune peine à les concilier avec son emploi chez GE, le développement des grandes entreprises capitalistes étant, selon lui, destiné à constituer la base économique d'une future société socialiste. Le socialisme serait en somme les managers plus l'électricité. Voir Noble et sans doute Ronald R. Kline, *Steinmetz* : *Engineer and Socialist* (Johns Hopkins UP, 1992).

transmettre des impulsions électriques entre deux ballons distants de deux miles grâce à des condensateurs et bobines d'induction; expérience isolée mais conduisant, comme toujours chez lui, à un brevet (1093 au total). Lorsque des physiciens en rappelèrent publiquement, l'existence en 1902, Édison ne vit guère le rapport, mais la nouvelle stupéfia Marconi ; on arrangea l'affaire à l'amiable moyennant 60 000 $ seulement, personne ne prévoyant alors le développement de la radio (Conot, p. 229).

Autre cas d'école abondamment étudié : la naissance de l'industrie des colorants artificiels [60]. Elle s'effectue en plusieurs étapes qu'il faut un peu détailler. À l'origine se trouvent le gaz d'éclairage anglais, l'aniline, Liebig et son élève Hofmann et, bien sur, l'industrie textile qui fournit un marché.

Le gaz fournit des masses de goudron de houille qu'on commence à distiller grossièrement (essences légères, huiles lourdes, asphalte) ; des chimistes en tirent, en laboratoire des composés organiques de plus en plus sophistiqués, à commencer par le benzène (Faraday, 1825) qu'on transforme rapidement en nitrobenzène $C_6H_5NO_2$. A la même époque, l'aniline est isolée dans l'indigo naturel (en portugais *anil*) et dans le goudron, le russe Zinin, élève de Liebig, la préparant par réduction du nitrobenzène. On ne sait pas encore que ces procédés fournissent tous le même produit, mais certains, notamment Liebig qui s'est intéressé à l'indigo chez Gay-Lussac, soupçonnent son rôle dans la teinture.

---

[60] On trouve des informations dans quelques livres très remarquables. Exposés généraux dans L. F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century* (Oxford UP, 1966) et *The Chemical Industry, 1900-1930* (id, 1971). Plus spécialisés : Peter Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie in Baden (1848-1914)* (Ernst Klett Vlg, 1976), J. J. Beer, *The Emergence of the German Dye Industry* (Illinois UP, 1959), Anthony S. Travis, *The Rainbow Makers : The Origins of Ihe Synthetic Dyestuffs Industry in Western Europe* (Bethleem, 1992), W. Reader, *Imperial Chemical Industries : A History* (Oxford UP, 1970 et 1975), Peter H. Spitz, *Petrochemicals. The Rise of an Industry* (Wiley, 1988).

Nommé à Giessen en 1824, Liebig s'intéresse d'abord à des problèmes de chimie organique pure, ce qui l'implique dans de parfois pénibles controverses avec les Français aux relents, chez lui, fortement nationalistes. En 1840, il se lance dans un vaste projet : montrer que la chimie suffit à expliquer la croissance des végétaux et permet de choisir rationnellement les engrais adaptés aux cultures et aux sols ; comme le note Borscheid, le sujet n'est pas gratuit dans une Allemagne où la production agricole ne suit pas la progression démographique. Il écrit en quelques mois un livre qui lui vaut une tournée triomphale en Angleterre en 1842 ; l'un de ses anciens élèves, John Muspratt, sera le premier à produire un peu plus tard des superphosphates.

Lors de sa visite, Liebig persuade le Prince Consort (allemand d'origine) de fonder une école de chimie sur le modèle de Giessen; elle est créée en 1845 et, après fusion avec une école des Mines fondée en 1851, deviendra le Royal College of Chemistry. Pour la diriger, Liebig fournit l'un de ses jeunes anciens assistants, A. W. Hofmann, lequel accepte l'offre pour deux ans mais, en fait, restera vingt ans à Londres. Le choix est judicieux puisqu'un distillateur anglais de goudron et ancien élève de Liebig ayant demandé à celui-ci en 1843 d'analyser un échantillon d'essences légères, Hofmann, avec l'aide de Muspratt, avait pu démontrer de façon définitive la présence de benzène et d'aniline, à les obtenir sous forme à peu près pure et, surtout, à découvrir la formule, $C_6H_5NH_2$, et les principales propriétés de celle-ci.

Se souciant peu lui-même des applications industrielles, Hofmann poursuit à Londres ses études sur l'aniline et toutes sortes de composés dérivés du coaltar : inépuisable mine pour ses élèves. Il espère aussi réaliser la synthèse d'alcaloïdes naturels (caféine, morphine, quinine, etc.), problème à la mode et trop difficile pour l'époque. L'un de ses élèves, William Perkin cherche en 1856, à 18 ans, à réaliser celle de la quinine [61]. Partant d'un dérivé du toluène, Perkin n'aboutit à rien, remplace celui-ci par de l'aniline et, en fait de quinine, obtient un jour

[61] Les maladies tropicales fauchent couramment, en un an, la moitié des visages pâles qui s'y exposent; voir, sur la quinine, les livres de Daniel Headrick cités plus loin.

une substance noirâtre qu'il étudie au lieu de l'évacuer comme à l'habitude. Les cristaux de couleur qu'il en extrait semblant teindre la soie, il les adresse pour essais à un teinturier dont il reçoit une réponse enthousiaste, mis à part le coût encore inconnu du produit.

Sans la moindre expérience de l'industrie chimique, Perkin prend dès août 1856 un brevet qu'une « erreur de date » fait rejeter en France et se lance dans la production. Un procédé commode de transformation du nitrobenzène en aniline inventé par le français Béchamp en 1854 lui permet de démarrer, mais les appareils indispensables n'existent pas, le benzène est d'une pureté douteuse et fort cher, l'acide nitrique du commerce n'est pas assez concentré, les risques d'accident sont énormes, etc. Il faut aussi trouver des mordants permettant à son "pourpre d'aniline" de se fixer sur les fibres [62]. Perkin réussit néanmoins à produire des couleurs applicables au coton, à la laine et à l'impression des étoffes.

Sa découverte déclenche partout de grandes manœuvres chez les teinturiers et chimistes, particulièrement en France où, grâce au brevet piraté, les soyeux de Lyon fabriquent immédiatement, un superbe "mauve". Vient ensuite le "rouge d'aniline" étudié en 1857 par Hofmann qui publie aux CRAS ; un chimiste de Lyon, Verguin, le prépare par une voie légèrement différente, a l'idée, lui, d'en faire un colorant et prend en 1859 un brevet : c'est l'immortelle "fuchsine" ou "rouge Magenta". Il y a aussi au début des années 1860 un bleu d'aniline breveté par des Français bien qu'ayant déjà été noté, ici

---

[62] Une vingtaine d'années plus lard, Perkin, fortune faite, abandonnera l'industrie pour la recherche qui l'amuse d'avantage. On obtient aujourd'hui l'aniline par réduction catalytique directe du nitrobenzène par l'hydrogène. En 1974, les USA en ont produit 250 000 tonnes, utilisées dans la fabrication des polyuréthanes (50 %), la chimie du caoutchouc (30 %), les pesticides (10 % – l'aniline est un produit fort toxique), les colorants (5 % seulement), la photographie (2 %) et la pharmacie (1 %) où elle intervient notamment dans la préparation des sulfamides ; elle intervint aussi dans les carburants liquides des premiers missiles ; 300 de ses dérivés sont utilisés de diverses autres façons. En 1983, la production s'élevait à 580 KT aux USA, 200 en RFA, 190 en Grande-Bretagne, 100 en Belgique et au Japon, 25 en France. *Encyclopedia of Chemical Technology,* vol. 2, p. 309-321 et *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry,* A2, p. 303-312.

encore, par Hofmann et autres ; on le fabrique partout un an plus tard et, en variant sa préparation, on en tire toutes les couleurs intermédiaires entre le bleu et le rouge fuchsia, ainsi qu'un violet dit "impérial" en l'honneur de sa première cliente qui, avec les dames de la Cour, lance la mode. Il y a encore, outre-Manche, un jaune d'or que prépare Nicholson, autre brillant élève de Hofmann converti à l'industrie et qui, comme Perkin, l'abandonnera pour la recherche après fortune faite.

Dès l'exposition internationale de Londres en 1862, des firmes britanniques, françaises, allemandes et suisses présentent ces nouvelles couleurs appliquées à des étoffes de luxe. L'Angleterre et la France réalisent 50 et 40 % des affaires et Hofmann prédit que l'Angleterre sera bientôt à la tête du mouvement et que les couleurs dérivées de la houille remplaceront un jour l'indigo des Indes, la cochenille mexicaine et le safran chinois. Exact à un détail près : lire Allemagne au lieu d'Angleterre, bien que celle-ci possède tous les atouts possibles, chimistes, matières premières et textile.

Outre d'excellents élèves britanniques de Hofmann ou de Liebig, un certain nombre de bons ingénieurs allemands, souvent en relations avec Hofmann, travaillent en effet en Angleterre [63] et y apprennent la nouvelle chimie, comme Heinrich Caro, spécialiste de l'impression des textiles, Cari Martius, assistant d'Hofmann, Otto Witt ou Peter Griess, employé par un brasseur de bière. Et il y a Hofmann lui-même, devenu célèbre depuis Perkin et son mauve, qui s'amuse à déterminer et à publier la composition chimique ou même des procédés de fabrication de nouvelles couleurs [64] que Nicholson trouve sur le marché et lui adresse.

---

[63] L'Allemagne, très sous-développée et en expansion démographique, exporte beaucoup de gens en Angleterre jusqu'en 1860 environ. L'industrie chimique anglaise continuera à embaucher des techniciens et chimistes allemands pendant encore plusieurs décennies, cependant qu'à la fin du siècle tout chimiste anglais, américain, russe ou japonais (mais fort peu de Français) qui se respecte aura fréquenté les universités allemandes.

[64] S'étant livré plus tard en Allemagne, à la grande fureur de Witt, Caro, Griess et autres, à des exercices analogues à l'égard de produits couverts par le secret industriel,

En même temps, de 1860 à 1870, de petites entreprises, créées en général par un ou deux chimistes et un commerçant assistés de quelques ouvriers, naissent en Allemagne, comme BASF, Bayer, Hoechst, Kalle ou AGFA (les noms originaux sont parfois différents). Leur démarrage, généralement assez artisanal et empirique [65] comme à Lyon, est facilité par une réglementation chaotique des brevets qui leur permet de copier les produits étrangers – ou allemands – et de croître rapidement : l'Allemagne n'est pas encore unifiée, chaque état, a son système et, à l'inverse de la France, les gouvernements allemands protègent tout, au plus les procédés de fabrication mais non le produit final.

Les Français le leur reprocheront en 1914 en oubliant le mauve de Perkin et le fait que le *fair-play*, à l'époque ou plus tard, ne règne pas davantage à l'intérieur de l'Allemagne ou de la France qu'entre les deux pays : il y a bien trop d'argent à gagner. En fait, les entreprises allemandes finiront par imposer à leurs chimistes de s'engager devant Dieu et, pour plus de sûreté, devant notaire, à protéger les secrets de la maison, notamment après avoir vu chez Bayer l'inventeur du célèbre rouge Congo le vendre à AGFA (Borscheid, p. 152). En France, dans les années 1860, le brevet de Verguin sur la fuchsine est tourné par des chimistes de Mulhouse qui vendent le même produit sous un autre nom, d'où un énorme procès que gagne Verguin, trois chimistes du CNAM ayant certifié qu'il ne s'agissait pas du rouge d'aniline publié par Hofmann… A la suite de cet incident, un certain nombre de coloristes de Lyon et de Mulhouse s'installent à Bâle où ils auront considérablement plus de succès

Hofmann leur demande « pourquoi les chimistes ne pourraient-ils pas faire valoir leurs activités intellectuelles au même litre que les écrivains ou les artistes ? Si un chimiste décide de tenir secrète une découverte tout en la lançant sur le marché où tout le monde peut l'acquérir, il ne faut pas s'étonner que le secret soit d'éphémère durée, le temps des alchimistes est passé. Celui qui, dans le dernier quart du XIXe siècle, pose des devinettes à ses confrères doit se résigner à les voir percées tôt ou tard. », Borscheid, p. 149.

[65] La teinture s'apparentant encore, à l'époque, à la cuisine, on ajoute aux colorants chez Bayer de grandes quantités de blanc d'œuf. Mais que faire des jaunes ? Réponse : des crêpes que l'on vend à d'autres clients.

qu'en France. Quant à la société La Fuchsine financée par le Crédit Lyonnais, elle distribue ses énormes bénéfices à ses actionnaires au lieu de les réinvestir dans la recherche, d'où une faillite retentissante [66].

La situation change alors rapidement. D'une part l'exemple et la propagande de Liebig et autres ont conduit, on l'a dit, à la création ou au développement de laboratoires universitaires dirigés par des gens de premier plan attirant déjà des dizaines d'étudiants chacun. En 1863, à la stupéfaction de Liebig, Hofmann renonce à sa brillante situation londonienne et accepte à Berlin la direction d'un somptueux institut construit sur ses plans, un institut identique étant construit à Bonn pour Kekulé. La plupart des Allemands établis en Angleterre rentrent bientôt eux aussi au pays : Caro chez Bunsen en 1866 puis à la BASF en 1868 avec 2 % des encore modestes bénéfices de la maison, Martins chez AGFA en 1871 et Witt chez Cassella en 1879. Arriveront ensuite d'autres recrues de premier ordre et des centaines de chimistes moins imaginatifs, mais compétents et obstinés : il faut des centaines d'essais systématiques pour découvrir un colorant commercialisable.

Intervient enfin en 1869 une découverte aussi sensationnelle que celle de Perkin et que l'on cherche à réaliser depuis le début : deux jeunes élèves de Baeyer à la TH de Berlin, Graebe et Liebermann, réussissent à synthétiser un premier colorant naturel, l'alizarine qui, en attendant d'illuminer en août 1914 le pantalon rouge du militaire français avec les conséquences que l'on sait, fait tomber la production de la garance provençale de 25 000 tonnes à 200 entre 1872 et 1884. Il y a de nouvelles et sombres histoires de brevets à cette occasion : il suffit de modifier légèrement le procédé de fabrication pour les tourner [67], comme Hoechst l'explique aux inventeurs. La BASF, elle,

[66] Outre Haber et surtout Travis, voir F. Leprieur et P. Papon, *Chemical Industry in Nineteenth Century France* (Minerva, Stimmer 1979, pp. 197-224).

[67] Perkin, qui découvre aussi la synthèse de l'alizarine, la fait breveter avec un jour de retard sur le brevet anglais de Graebe et Liebermann ; il s'en tire en modifiant le procédé. En 1877, sous l'influence notamment de Werner Siemens s'adressant directement à Bismarck, le système allemand des brevets sera unifié et renforcé : on

préfère négocier avec eux un contrat qui l'assure de leur coopération et lui permet de dominer la production grâce à un procédé de fabrication plus simple dû à Caro. Les banques prennent ensuite le relais, les entreprises manifestent rapidement un sens de la recherche, du management et de la commercialisation très en avance sur l'époque et fondent un peu partout des succursales étrangères qui, en France et, en Angleterre par exemple, importent les produits intermédiaires, peu taxés, et les transforment sur place en colorants, l'Angleterre exportant une grande partie des matières premières nécessaires (cf. le Tiers-Monde actuel).

En 1879, la valeur des colorants allemands s'élève déjà à 2 millions de livres sterling, contre 450 000 en Angleterre (Cardwell, p. 134). La supériorité allemande ne fera que se renforcer par la suite, l'épisode maximum étant la synthèse de l'indigo réalisée en laboratoire par Adolf Baeyer, futur prix Nobel, entre 1865 et 1883 ; l'industrialisation en est ensuite réalisée entre 1880 et la fin du siècle par la BASF (20 millions de marks) sous la direction de Caro et de son successeur von Brunck [68], et par Hoechst. Il faut espérer qu'ils ne pensaient pas au bleu lavasse des actuels blue-jeans…

A partir de 1880-1890, tout le monde, en Allemagne, a compris que les innovations sont une source d'énormes profits, qu'on ne peut s'en passer pour survivre ou croître et enfin qu'il n'est plus question, en pareil domaine, d'innover sans disposer de véritables laboratoires de recherche parfaitement organisés et sans utiliser les connaissances les plus avancées avec, au besoin, la collaboration de chimistes universitaires de niveau maximum [69]. Chez Bayer, le système est mis

---

continuera à ne breveter que les procédés de fabrication, ce qui permet à la concurrence de développer des préparations plus efficaces, et les brevets seront délivrés avec garantie du gouvernement après une enquête internationale.

[68] Aux Anglais qui déplorent la ruine de l'indigo indien, il répond que les Indiens ont davantage besoin de cultures vivrières…

[69] Cela conduit du reste ceux-ci à retarder parfois la publication de leurs résultats, comme dans le cas de l'indigo. Mais ils en tirent quelques profits : si Baeyer, en 1869, se contente de 1 800 marks par an à Berlin, Emil Fischer, prix Nobel 1905, déclarera

au point par un jeune chimiste de talent, Carl Duisberg (1861-1935) qui, après avoir inventé des colorants fructueux, résout deux problèmes fondamentaux : l'organisation rationnelle d'un laboratoire de recherche [70] puis, un peu plus tard, une organisation non moins rationnelle de la nouvelle usine que Bayer construit à Leverkusen sur les bords du Rhin.

La croissance de cette industrie allemande ressemble un peu à celle de l'informatique après 1950 [71] ; Hoechst par exemple emploie cinq ouvriers et un chimiste en 1863, mais 7 680 ouvriers et 307 chimistes en 1912 ; les prix des nouveaux produits, d'abord élevés, subissent ensuite des chutes vertigineuses ; au tournant, du siècle, les dividendes distribués oscillent entre 15 et 30 %. En 1900, la production mondiale des seuls colorants est estimée à 130-150 millions de marks, dont 120 pour l'Allemagne et 10 pour la Suisse. Ces firmes produisent non seulement d'innombrables autres composés organiques (médicaments [72], produits photographiques, vernis, laques, encres,

400 000 marks de revenus au fisc en 1907. Borscheid, p. 128 cf Jeffery A. Johnson, *Academic Chemistry in Imperial Germany* (Isis, Vol 76, 1985).

[70] Au lieu de faire travailler ses chimistes côte à côte en pleine vue les uns des autres sur de longues paillasses parallèles, il les installe autour de la pièce dans des compartiments en U entourés d'étagères sur lesquels on emmagasine les réactifs les plus utilisés. Ce plan fournit aux chimistes un degré d'isolement appréciable mais insuffisant pour leur permettre de se livrer discrètement à des travaux personnels, éventualité toujours à craindre. Duisberg monte ensuite une bibliothèque (en achetant notamment celle de Kékulé) et organise des séminaires bimensuels. Le résultat final dépasse de loin ce dont disposent les universitaires. Notons en passant qu'à 25 ans, Duisberg dispose déjà d'un revenu de 9 000 marks, largement équivalent à celui d'un professeur titulaire, et investit ses surplus en actions de la maison qu'il finira par diriger avant de fonder et diriger l'I. G. Farben.

[71] Les méthodes commerciales aussi. Non seulement on distribue gratuitement les nouveaux colorants aux clients, mais on les invite, tous frais payés, à des stages pour en apprendre l'utilisation.

[72] Panflavine (Cassella et Paul Ehrlich), Antipyrine et Pyramidon (Hoechst), Antifebrine (Kalle), serum anti-diphtérique (Hoechst et Robert Koch), Holocaïne et Novocaïne (Hoechst), Veronal et Aspirine (Bayer). Il y a enfin le Salvarsan découvert par Paul Ehrlich et le japonais Sahachiro Hata en 1910 après 605 essais infructueux : premier remède contre la syphilis et catastrophe pour Ehrlich, assiégé par les médecins et les malades. La relation avec les colorants provient de l'observation que certains

etc.), mais aussi, lorsqu'elles se développent, des quantités de produits de base ou intermédiaires dont elles ont besoin. A la veille de la guerre, grâce à l'oxydation catalytique directe de SO_2 en SO_3 réalisée par la BASF avant 1900, celle-ci, Bayer et Hoechst fabriquent pour leurs propres besoins des centaines de tonnes d'acide sulfurique par jour, ainsi que des tonnes de chlore que l'on sait maintenant liquéfier pour le transporter. A partir de 1900, les firmes commencent à se diversifier vers d'autres secteurs : matières plastiques (celluloïd, bakélite), fibres artificielles (acétate de cellulose) et, peu de temps avant 1914, synthèse directe de l'ammoniac chez BASF, après quoi viendront, entre les deux guerres, les insecticides, le caoutchouc et les carburants .synthétiques auxquels on pense avant même 1914, de nouvelles fibres artificielles et matières plastiques, etc.

Tout cela n'a aucun rapport avec notre sujet, *Science et Défense*, à un détail près : ces paisibles entreprises se transformeront inopinément pendant la Grande Guerre en fabriques d'explosifs et de gaz toxiques et fourniront ensuite au régime nazi les quantités massives de pétrole et de caoutchouc synthétiques indispensables à la guerre, sans compter le reste.

Le progrès technique : rôle des militaires

On a dit plus haut que, de 1815 à 1914, les développements successifs mais convergents du "génie inventif" des *practical men,* de l'industrie capitaliste, de la recherche scientifique, des universités et écoles techniques conduisent à d'innombrables innovations dans tous les secteurs industriels anciens ou nouveaux. Les fabrications d'armements en profiteront évidemment mais, mis à part quelques secteurs que nous allons examiner, la plupart, de ces innovations ne doivent, rien aux demandes militaires ; elles se développent en raison de l'existence d'énormes marchés civils au moins potentiels et, de la nécessité, pour renouveler les marchés et survivre à la compétition,

---

d'entre eux se fixent sélectivement sur certaines bactéries (bleu de méthylène par exemple) ; Ehrlich en déduit, trente ans avant le 606, qu'ils pourraient peut-être même les détruire : d'où la bactériochimie.

de réduire constamment les coûts de production ou d'utilisation des machines et de constamment innover, comme Marx l'avait remarqué dans un texte célèbre que les économistes citent encore. C'est, la différence fondamentale avec ce qu'on verra après 1945 dans des industries comme l'électronique, l'informatique, le nucléaire, l'espace, et même dès 1914 au plus tard dans l'aéronautique. Il y a toutefois des exceptions à cette règle.

Le secteur peut-être le plus important où une incitation militaire, dans laquelle la Science ne joue du reste aucun rôle, "retombe" dans le secteur civil est la mise au point entre 1810 et 1850, dans un arsenal américain, de la fabrication en série des armes à feu à l'aide de machines-outils produisant des pièces théoriquement, interchangeables [73]. De son côté, le faux "Colonel" Samuel Colt développe son revolver à partir de 1835 mais n'a pas de succès auprès de l'armée américaine (trop compliqué…) jusqu'à la guerre avec le Mexique en 1846-48 pendant, laquelle nombre de militaires acquièrent des colts. Celle-ci lui permet, de monter la plus grande fabrique privée d'armes du monde sur le principe, ici encore, de l'interchangeabilité des pièces – des pièces qui, après fabrication par les machines-outils, demandent néanmoins encore un ajustage final à la main. La principale revue militaire britannique écrit en 1854 que :

> « Le nom du colonel Colt est aujourd'hui mondialement connu, étant lié au plus grandiose projet qu'ait jamais conçu l'esprit humain : la protection de la vie humaine là où elle se trouve le plus exposée au danger. Si l'on accepte le principe selon lequel il faut préparer la guerre pour assurer la paix, on conviendra que Colt nous a légué la garantie d'une paix perpétuelle en concevant un projectile [*sic*] qui multiplie par six la puissance de feu. » (Bradley, p. 38)

[73] Le sujet est exposé, avec plusieurs autres, dans M. R. Smith, éd., Military Enterprise and Technological Change, Perspectives on the American Experience (MIT Press, 1985). Plus détaillé : D. A. Hounshell, From the American System to Mass Production 1800-1932 (Johns Hopkins UP, 1984) ; excellente mise au point au chapitre 2 de Joseph Bradley, Guns for the Tsar (Northern Illinois UP, 1990) qui traite aussi de l'évolution des armes individuelles. John Ellis, The Social History of the Machine Gun (Johns Hopkins, rééd. 1986) ne traite pas son sujet comme le font les historiens militaires et les livres d'images.

Le système permettra de munir toute une armée de nouveaux modèles de fusils en quelques années (à partir du moment où on les adopte : vingt ans de délai pour le fusil à aiguille de l'Allemand Dreyse…). Des progrès spectaculaires seront réalisés après 1850 avec ou sans recours au "système américain" : projectiles intégrés à des cartouches en cuivre avec amorce à percussion au fulminate, fusils à canon rayé et chargement, par la culasse, chargeurs. L'évolution culminant lorsque l'ingénieur américain Hiram Maxim produit en 1884 sa mitrailleuse automatique à 600 coups par minute ; auparavant, l'inventeur américain d'une mitrailleuse à tubes multiples actionnée manuellement, Gatling, avait, observé pendant la guerre de Sécession que son engin sera aux « armes individuelles ce que la moissonneuse de McCormick est à la faucille. »

La colonisation fournit d'excellents terrains d'essais aux nouvelles armes de l'infanterie. L'épisode maximum est probablement la bataille d'Omburdman où, en 1898, à l'aide d'obus à la lyddite (voir plus bas, c'est leur premier usage) et de quelques mitrailleuses Maxim, le général Kitchener tue 11 000 Soudanais en quelques heures au prix de 48 morts du côté civilisé. Cet exploit inspirera Churchill [74] :

> « Ainsi prit fin la bataille d'Omburdman, la plus remarquable victoire jamais remportée par les armes de la science sur les barbares. En l'espace de cinq heures, la plus forte et la mieux équipée de toutes les armées de sauvages qu'on ait jamais vu déployer contre une puissance européenne moderne avait été détruite et dispersée avec une grande facilité, des risques relativement faibles et des pertes insignifiantes du côté des vainqueurs. »

De nos jours, dans certains pays pas tous sous-développés, le "système américain de manufacture" permet de vendre à bas prix des Kalachnikov – l'inventeur l'a récemment déploré – à n'importe quel mâle pur et dur désireux d'exhiber symboliquement sa virilité. Il est ensuite partout appliqué aux machines agricoles, à coudre, à écrire, à la

---

[74] Churchill, qui écrit ceci en 1933, participa à cette bataille et fut alors considéré comme un héros national pour avoir participé à une charge de cavalerie parfaitement inutile (Daniel R. Headrick, *Tools of Empire,* p. 118).

bicyclette et à l'automobile, etc. Encore que, dans les premiers temps, ces machines admettent souvent des tolérances de fabrication plus larges que les culasses de fusils et disposent, de systèmes de réglage.

Everett Mendelsohn [75] rappelle la théorie de Lewis Mumford [76], selon laquelle :

> « De par la nature même du système de production lié aux usines créées au XIXe siècle, seules l'armée et la guerre offraient des possibilités suffisantes d'utilisation ou d'absorption de la production des nouvelles installations. »

C'est peut-être exact au début – mais voir plus bas – si l'on pense aux productions en très grande série d'objets comportant un nombre appréciable de pièces, catégorie qui, au début, ne comprend guère que les armes à feu, il faudra inventer ou se décider à commercialiser la plupart des autres. Mais ce n'est sûrement, pas dans l'Amérique du XIXe siècle que la fabrication des armes de guerre aurait dû faire problème : mise à part la guerre de Sécession qui fait exploser les capacités de production dans ce domaine, l'année américaine est négligeable : 40 000 hommes en 1900 y compris la Marine. Elle compte probablement moins que le goût fanatique et permanent des citoyens pour les armes à feu (200 millions en circulation actuellement, 35 000 morts en 1993) destinées à la chasse aux Indiens, à la surveillance des esclaves, aux querelles de famille, à la défense de la propriété, aux attaques à main armée, etc. L'enthousiasme des industriels américains pour leur système s'explique au moins aussi bien par la rareté chronique de leur main d'œuvre qualifiée au XIXe siècle que par la nécessité de fabriquer des armes de guerre : l'un des buts explicites (et des résultats) du système inventé dans les arsenaux était de se libérer

---

[75] Dans Jean-Jacques Salomon, *Science, guerre et paix* (Economica, 1989), livre intéressant où l'on trouvera un article de Mendelsohn analogue au nôtre, mais qui accorde nettement plus d'importance que nous aux nécessités militaires. Le point de vue du présent article est qu'il ne faut pas oublier d'en comparer le rôle à celui des nécessités ou potentialités civiles. Maurice Daumas, *Le cheval de César ou le mythe de la révolution technique* (Archives contemporaines / Gordon & Breach, 1991), n'est pas particulièrement tendre à l'égard de la compétence de Mumford.

[76] *Technique et Civilisation* 1934, trad. Seuil, 1950.

d'une main d'œuvre spécialisée aux habitudes fantaisistes et d'introduire une discipline et un contrôle stricts des ouvriers. Idée certes bien militaire mais qui se répandra partout. On vient du reste de voir la théorie dominante contestée par un auteur soulignant le rôle également initiateur joué aux USA par la fabrication, entre autres, des pendules [77]. L'industrie du bois – fabrication de meubles, portes, fenêtres, etc. – est aussi l'une des premières à se mécaniser et à se standardiser aux États-Unis.

Notons aussi que, si les Britanniques découvrent avec enthousiasme ce système à l'occasion de la grande exposition de 1851 à Londres où Colt exhibe ses revolvers, ils avaient inventé et utilisé à partir de 1800 environ bon nombre des types les plus importants de machines-outils, domaine dont les Américains et Allemands s'empareront ensuite [78]. Grâce à Joseph Whitworth, ingénieur fanatique de précision qui s'enthousiasma immédiatement pour le système américain – on l'introduisit à l'arsenal d'Enfield –, les Britanniques avaient aussi, pour la métallurgie, inventé des instruments de mesure précis (jusqu'au millionième de pouce chez Whitworth) et standardisé les calibres des vis et boulons sans aller certes jusqu'au satanique système métrique des révolutionnaires français (il y a aussi le *NIH syndrome – not invented here*). Il parait assez clair que, si les fusils n'avaient pas existé, on aurait inventé le système américain pour produire toutes sortes d'objets manufacturés d'utilité évidente : mais c'est de l'histoire-fiction. Il est certain que des fabricants d'armes légères comme Remington, Birmingham Small Arms (BSA) ou la Manufacture de Saint-Etienne passent facilement des armes aux machines à écrire, bicyclettes ou

---

[77] Donald R. Hoke, *Ingenious Yankees : The Rise of the American System of Manufacture in the Private Sector* (Columbia UP, 1990).

[78] L'un des principaux experts, Joseph Clément, fabrique les engrenages dont Babbage a besoin pour sa célèbre machine à calculer financée, déjà, par la Navy. Sur les machines-outis, voir K. H. Mommertz, Bohren, *Drehen und Fräsen. Geschichle der Werkzeugmaschinen* (Deutsches Museum/Rohwolt, 1987) ; il faut un bon dictionnaire pour traduire les termes techniques, après quoi il faudrait les comprendre en français, ce qui est plus difficile…

motocyclettes : les problèmes à résoudre et l'outillage nécessaire sont à peu près les mêmes [79]. L'automobile, par contre, n'aura pas besoin de ces intermédiaires, le système étant alors pleinement développé et Henry Ford inventant, sans les militaires, la production à la chaîne qui va encore plus loin.

Le procédé Bessemer a aussi, en un sens, une origine militaire. Ingénieur polyvalent mais peu compétent en métallurgie, Bessemer invente, pendant la guerre de Crimée, une méthode pour communiquer à un obus un mouvement de rotation (problème à la mode à l'époque, que Robins connaissait et que résoudront Armstrong, Whitworth, Krupp, les polytechniciens, etc.). Son idée est rejetée sans examen à Londres à cause, dit-il, de :

> « Cette tendance de nos autorités militaires toujours prêtes à se moquer de toute proposition émanant d'un ingénieur civil. »

Mais elle intéresse Napoléon III, que l'artillerie a toujours passionné au point d'écrire un bon traité sur le sujet. Bessemer décide alors de produire pour celle-ci un métal de qualité comparable au fer forgé ou à l'acier et – c'est le point crucial – par une méthode permettant de le couler directement à la tonne sans passer par le cauchemar des creusets de Huntsman. Après plusieurs échecs, un incident fortuit lui montre qu'on peut transformer de la fonte brute liquide, à haute teneur en carbone, en fer malléable, sans carbone, en faisant passer à travers celle-ci un courant d'air intense, avec des effets spectaculaires et imprévus. C'est le procédé Bessemer, 1856, pour lequel il trouve immédiatement à Sheffield nombre de

[79] Le caractère américain du système a une conséquence que l'on retrouvera plus tard dans d'autres secteurs. Bien que les fabricants européens d'armements de la fin du siècle disposent partout d'énormes parcs de machines-outils, on constate qu'en 1919 une vingtaine de branches des industries mécaniques légères britanniques étaient dominées par les initiateurs américains (Chandler, *Scale and Scope,* p. 275). Les Allemands, (p. 446-452), se défendent un peu mieux. La situation n'était sûrement pas meilleure dans le reste du monde, France par exemple, qu'en Angleterre. Notons aussi avec Bradley qu'après la guerre de Sécession les fabricants d'armes américains, publics ou privés, exportent en masse.

détracteurs qui le trouvent, trop beau pour être vrai (deux tonnes en 20 minutes !), mais aussi d'enthousiastes clients, comme Krupp. Ceux-ci découvrent hélas rapidement qu'il est incompatible avec l'utilisation de minerais phosphoreux ; Bessemer, sans même s'en rendre compte, avait utilisé de l'hématite exempte de phosphore. C'est la catastrophe après le triomphe et c'est en bonne partie grâce à des gens plus compétents que le problème est finalement résolu (utiliser dans les fours des revêtements basiques au lieu de la silice acide). Il se lance dans la production pour justifier son procédé aux yeux des sceptiques, mais sans parvenir à fabriquer un acier de qualité militaire, domaine où la méthode Huntsman reste encore en usage pendant une vingtaine d'années. En fait de canons ou d'obus, le procédé Bessemer fabriquera pour commencer des centaines de milliers de kilomètres de rails [80].

Vers la fin du siècle, la métallurgie bénéficie des demandes des militaires en aciers dits spéciaux (euphémisme appliqué aux fabrications militaires et, en France, aux Mathématiques du concours d'entrée à l'X) incorporant des métaux jusqu'alors ésotériques ; mais il faudrait distinguer. De grandes quantités de ces alliages, avant tout au nickel puis au nickel-chrome, sont utilisées après 1880 dans les plaques de blindage pour la marine, les canons et les obus pour les percer ; ces usages militaires contribuent à renforcer la confiance en l'acier. Les Français innovent parfois et possèdent d'ailleurs en Nouvelle Calédonie la principale source de nickel. Mais en 1819-1824, Faraday, avec un fabricant de coutellerie et d'instruments chirurgicaux, avait déjà expérimenté des alliages de ce genre (y compris au platine, à l'argent et au rhodium) et provoqué un intérêt certain, mis à part leur coût beaucoup trop élevé. Les premiers alliages commercialisés – au tungstène, Roller, 1855, auquel Mushet ajoute en 1868 du manganèse et du silicium – sont utilisés pour améliorer les instruments de coupe des métaux partout en usage. Les

---

[80] Voir J. C. Carr & W. Taplin, *History of the British Steel Industry* (Blackwell, 1962). Vers 1880, les rails absorbent 80 % de l'acier Bessemer. C'est en montant la plus grande installation Bessemer du monde pour en fabriquer que Carnegie fait fortune

aciers au manganèse (Hadfield, 1882), lentement diffusés, serviront aux bandages des roues de wagons, aux embranchements des voies ferrées puis aux rails eux-mêmes, ainsi que dans l'industrie électrique (ils sont non magnétiques) qui utilise aussi les aciers au silicium (ils ont la propriété opposée). D'autres encore, les "aciers rapides", développés par l'inventeur du système Taylor dans deux aciéries américaines (Midvale Steel et Bethléem Steel) fournissant notamment la *U.S. Navy*, perfectionnent à nouveau les instruments de coupe pour usiner les aciers les plus durs et, de ce fait, intéressent évidemment les fabricants d'armements ; mais Taylor lui-même cherche surtout à limiter les temps de production. Les aciers au vanadium se développent avec l'industrie automobile. La fabrication des turbines à vapeur ou à gaz puis l'aviation demandent elles aussi de nouveaux alliages [81], etc.

Dans certains secteurs, ce sont plutôt les besoins de l'impérialisme ou de la colonisation qui poussent parfois au progrès technique ou en favorisent la diffusion [82]. On subventionne par exemple les grands vapeurs à passagers à condition qu'ils puissent se transformer en transports de troupes. On installe à grands frais des câbles sous-marins reliant les métropoles anglaise et française à leurs colonies. On encourage la lutte contre les maladies tropicales qui interdisent la colonisation de l'Afrique ou de l'Indochine. Mais les câbles télégraphiques transatlantiques, de loin les plus importants et du reste les premiers câbles à longue distance construits, n'ont rien à voir avec des utilisations militaires ; il s'agit plutôt de connaître instantanément les cours de la bourse ou du coton. Et lorsque les

[81] Voir Carr & Taplin, op. cit., et surtout P. S. Bardell, *The Origins of Alloy Steels* (History of Technology, vol. 9, 1984, p. 1-30).

[82] Les livres de Daniel Headrick, *The Tools of Empire : Technology and European Imperialism in the XIXth Century* (Oxford UP, 1981), *The Tentacles of Progress. Technology Transfer in the Age of Imperialism* (Oxford UP, 1988) et *The Invisible Weapon. Telecommunications and International Politics, 1851-1945* (Oxford UP, 1991) développent le sujet sous tous ses aspects. Les deux grandes histoires de la colonisation française récemment parues semblent fort discrètes au sujet des armements utilisés

premiers télégraphes électriques sont apparus en Angleterre (Cooke et Wheatstone, un *practical man* et un physicien, 1837), aux USA où l'on abandonne tout au secteur privé comme le font les Britanniques (Samuel Morse, un artiste et *practical man* aidé par un physicien, 1837), en Allemagne (1847, Werner Siemens) ou en France (1845 ? 1852 ?) après des tentatives antérieures repoussées par les gouvernements, ce sont souvent les chemins de fer qui en bénéficient les premiers, les utilisateurs commerciaux potentiels en imposant, immédiatement ou à terme, l'ouverture au public contre, en Allemagne et en France, des gouvernants très inquiets des utilisations subversives possibles du nouveau système [83]. Les militaires n'en apprécient pas toujours les usages, notamment lorsque, pendant la guerre de Crimée, le télégraphe permet à Napoléon III de diriger les opérations depuis Paris, inconvénient que la radio puis les satellites aggraveront. Dans la Marine par exemple, on était avant la radio parfaitement libre à partir du moment où l'on prenait la mer…

Le progrès des armements avant 1914

Les militaires finissent naturellement par adopter les innovations civiles. Par exemple, les réseaux de chemins de fer français et allemand sont, après 1870-1880, organisés de telle sorte qu'ils puissent être rapidement mobilisés en cas de guerre [84] ; en France, en Allemagne et bien plus encore en Russie, on construit parfois des lignes d'intérêt principalement stratégique. Mais ce sont avant tout les énormes bénéfices qu'en espèrent les spéculateurs qui les développent comme le montre par exemple Jean-Pierre Rioux à propos de la France,

---

[83] Excellent exposé, y compris technique, dans Rolf Oberliesen, *Information, Daten und Signale* (Deutsches Museum/Rohwoll, 1982); Catherine Bertho, *Télégraphes et Téléphones de Valmy au microprocesseur* (Livre de Poche, 1981), beaucoup moins documenté, est utile pour le cas français.

[84] « L'organisation des transports, placés sous la responsabilité des militaires, mais réglée en fait par les cheminots eux-mêmes, fut impeccable. Tout marcha "comme un mécanisme d'horlogerie", constatait un dirigeant de la compagnie du chemin de fer du Nord », nous dit un spécialiste de l'histoire ferroviaire, à savoir François Caron, dans *La France des patriotes de 1851 à 1918* (Fayard, 1985), p. 617. Il s'agit bien entendu de la mobilisation en 1914.

cependant qu'en Amérique, où la guerre de Sécession en confirme l'utilité, « les institutions de finance de Wall Street servirent presque exclusivement à financer les chemins de fer » de 1850 à 1890 (Chandler, *Scale and Scope,* p. 53-58). Mis à part les wagons « hommes 40, chevaux 8 », les chambres à explosif sous les ponts et, dans l'Allemagne nazie, d'ingénieuses machines sur rails qui, lorsqu'on recule devant l'armée soviétique, permettent de tronçonner les traverses en série, les militaires ne jouent apparemment aucun rôle dans le progrès technique du secteur ; ils n'ont sûrement aucun usage, en cas de guerre, pour les locomotives dépassant largement 100 km/h déjà courantes à la Belle Epoque. Ils n'ont pas non plus besoin avant 1914, du moins le croient-ils, de transports automobiles ; le cheval est encore roi sur la route.

Il faut aussi noter que les chemins de fer sont bien plus importants que l'armement pour le développement, de la métallurgie après 1840 : à quelques dizaines de kilos par mètre de rail, estimez la production nécessaire aux 240 000 miles de voies américaines de 1910, et on a remplacé partout, après Bessemer, les rails eu fer par des rails en acier qui, bien que durant beaucoup plus longtemps, ne sont pas éternels; à quoi s'ajoutent le matériel roulant et les infrastructures. La construction navale civile prendra le relais même s'il semble bien que, mises à part des tentatives civiles sans lendemain après Bessemer, la Royal Navy ait fait construire le premier navire substantiel en acier ; on est aussi en avance à Lorient, semble-t-il.

Les militaires finissent par se convertir, mais ils ne se précipitent pas dans la grande majorité des cas ; ils restent – ne le déplorons pas – très satisfaits de leurs rutilants uniformes, de leur cavalerie, de leurs mousquets, de leurs canons en bronze et de leur marine à voile et en bois jusqu'au milieu du siècle. Les Lords de l'Amirauté refusent la vapeur pour leurs grands navires non seulement pour des raisons techniques sérieuses – vulnérabilité, encombrement, et manque de fiabilité des roues à aubes et des machines, difficulté de se ravitailler en charbon et faible rendement des machines, proximité dangereuse de la poudre et du feu –, mais aussi en raison du poids des traditions, de

raisons esthétiques (un amiral inspectant un navire porte des gants blancs dont l'état à la sortie conduit à des conclusions) et sous prétexte qu'en se répandant chez les concurrents, la suprématie anglaise, fondée sur un inépuisable vivier de marins, serait en danger ; l'argument est amusant compte tenu de l'écrasante supériorité industrielle anglaise de l'époque, mais il deviendra valable un siècle plus tard [85]. De même, les militaires résistent longtemps au fer : il supporte moins bien l'invasion des coquillages que le bois doublé de cuivre et, surtout, les brèches sont difficiles à obturer. En fait, la Navy et ses homologues préfèrent laisser la marine marchande expérimenter la vapeur, les hélices, les doubles coques en fer, les machines compound à cylindres multiples, etc., notamment sur de grands navires à passagers à partir des années 1840. Les performances des transatlantiques seront encore parfois, à la Belle Epoque, plutôt en avance sur celles des cuirassés en dépit de leur tonnage très supérieur (40 à 50 000 tonnes à la veille de la Grande Guerre, la moitié pour les cuirassés) ; les Marines utilisent certes des torpilleurs et destroyers de quelques centaines de tonnes, à machines compound et filant 30 noeuds bien avant que les grands navires, civils ou militaires, en soient capables; mais, comme dans le cas des avions de chasse actuels, il s'agit d'une vitesse de pointe qu'on n'utilise que pour l'attaque. Et comme le note McNeill, lorsqu'on se trouve au sommet, pourquoi tout, révolutionner au lieu d'attendre les initiatives des concurrents pour les dépasser ensuite grâce à la supériorité industrielle dont on dispose ? C'est pourtant ce que feront les Américains de la guerre froide – sauf pour les missiles, cas auquel s'appliquera le raisonnement de McNeill –, mais il s'agira alors de ruiner l'URSS si l'on en juge par le résultat final : idée bien naturelle qui se rencontre déjà dans l'Angleterre d'avant 1914.

---

[85] Exposé particulièrement clair de C. J. Bartlett, *Great Britain and Sea Power, 1815-1853* (Clarendon Press, 1963). Cadre plus général dans les chap. 7 el 8 (1840-1914) de McNeill, *Pursuit of Power.* Les actes des colloques *Marine el technique au XlX^e^ siècle* el *Du Dreadnought au nucléaire* (Service historique de la Marine), quoique d'une qualité très inégale, sont intéressants et ne se bornent pas au cas français.

Le raisonnement de McNeill est celui des Anglais ; ce n'est pas celui de leurs ennemis potentiels, français notamment. La technique des boulets explosifs dont on a parlé plus haut à propos de la Révolution est reprise vers 1820 par Paixhans, Polytechnicien de l'artillerie qui, dans *La nouvelle force maritime,* anticipera la révolution navale militaire de 1860 en préconisant des blindages, la vapeur, l'uniformisation des calibres, etc. Son livre fait sensation des deux côtés de la Manche, Congreve, nous dit Bartlett, propose les mêmes idées en 1828 et les obus explosifs anglais sont prêts en 1830 mais non encore adoptés : comme plus tard à propos des torpilles, les essais, fort concluants, provoquent l'horreur des amiraux devant la perspective de voir un navire de cent mille livres sterling envoyé par le fond en cinq minutes par un seul projectile, alors qu'il résisterait à des centaines de boulets classiques. Mais lorsque les obus de Paixhans, après quinze ans d'expérimentation et d'hésitations, sont adoptés en 1837, la Royal Navy suit en 1838 ; le processus est le même en ce qui concerne l'introduction de la vapeur ou des blindages plus tard par des X du génie maritime comme Dupuy de Lôme : au navire en bois protégé par une armure en fer, les Anglais répondent immédiatement par un navire entièrement en fer.

Le rapport de Paixhans sur ses boulets explosifs [86] reçut les éloges de l'Académie en 1823. Gillispie, qui mentionne ses travaux à la fin de l'article sur les *secret weapons* qu'on a utilisé plus haut, reproduit sans commentaire – mais on l'entend rire de Princeton – un passage du livre de Paixhans qu'il est plus prudent de ne pas retraduire en français :

> « Tout homme honnête et éclairé, pour peu qu'il se soit penché sur ces questions, reconnaîtra sans hésiter que les progrès de l'armement (qui sont, de toute façon, inévitables) n'ont pas lieu d'être regrettés. Ils donnent au faible les moyens d'affronter les forces de l'injustice. »

En fait, le développement des armes n'est inévitable que parce qu'il y a des gens comme Paixhans pour s'y consacrer et, fréquemment,

---

[86] Voir l'exposé de Thomas Adam dans *Marine et technique au XIX*e *siècle.*

l'imposer aux gouvernants : comme on vient de le voir, il s'agissait en fait dans le cas considéré d'une *self-fulfilling prophecy ;* l'avenir en fournira beaucoup d'autres.

Tristes alibis pour justifier un métier que, comme tant d'autres, Paixhans avait sans doute choisi (?) à un âge où, compte-tenu de l'éducation qu'on a reçue, à l'X dans son cas, on ne comprend rien d'autre qu'un peu de sciences et de technique et où l'on est prisonnier des idées dominantes : la « menace britannique » dans son cas. Les gens d'en face sont, eux, préoccupés par la « menace française » au point de prendre très au sérieux à diverses reprises au cours du siècle, notamment en 1844, l'éventualité d'une invasion française lorsque l'amiral de Joinville, fils de Louis-Philippe, se livre à des déclarations irresponsables à propos de ce que Napoléon aurait pu réussir avec la vapeur et alors que, précisément, les Français sont plutôt mieux équipés sur ce plan que les Anglais. Mais on ne dispose pas des crédits nécessaires, les préparatifs ne passeraient pas inaperçus et de toute façon, à part quelques marins, personne en France n'a des idées aussi stupides (Bartlett, p. 155-170). Il n'empêche que, jusqu'à la fin du siècle, la marine anglaise regardera la française comme son ennemi potentiel numéro un : comme durant la guerre froide, la simple existence des armements est regardée comme une menace même s'il n'existe aucune volonté politique de s'en servir agressivement.

Les X qui introduisirent les premiers les obus explosifs, les cuirassés à vapeur et à hélice [87] (à coque encore en bois au début et conservant leurs voilures jusqu'en 1875-1880 environ), les torpilleurs et les submersibles à ballasts, avaient fort bien compris que leur seule chance de concurrencer la Navy était de sortir de la technique traditionnelle. Cette idée ingénieuse se heurtera au fait qu'en portant la compétition sur le terrain de l'industrie métallurgique, on n'augmente pas énormément ses chances de dépasser les

---

[87] Voir les exposés de René Etienne et Jacques Chantriot sur Dupuy de Lôme dans *Marine et technique au XIXe siècle.* A noter que les plans du cuirassé *La Gloire* aboutirent en Angleterre dans les deux mois.

Britanniques au XIXe siècle ; on y renoncera du reste [88] après 1880. Ils ont davantage de succès dans l'artillerie avec le célèbre 75 dont le frein hydraulique, idée d'un ingénieur allemand qui n'intéresse pas la *Wehrmacht* et dont, le brevet, qu'il n'a pas renouvelé, est exploité par les Français ; ils améliorent considérablement sa technique [89].

Les progrès techniques sont en fait très souvent imposés, après parfois des années de *lobbying*, par des civils comme Alfred Krupp et William Armstrong (canons rayés à chargement, par la culasse vers 1860, en fer forgé chez Armstrong et en acier chez Krupp), Robert Whitehead (torpilles autopropulsées incorporant les premiers servo-contrôles, 1865-1870), Hiram Maxim (mitrailleuse, 1884) ou Charles Parsons (turbines à valeur pour la marine, construites d'abord pour la production d'électricité – voir Constant).

Les yeux s'ouvrent avec la guerre de Crimée ; elle sonne le glas de la marine en bois, l'archaïsme technique de l'artillerie anglaise conduisant William Armstrong, à la tête d'une entreprise de mécanique et d'ingénierie, de même que Joseph Whitworth déjà mentionné, à se lancer pour la Navy dans la production de canons rayés à chargement par la culasse tirant, pour commencer, des projectiles de 40, 70, et 110 livres ; mais on arrivera rapidement à des monstres bien plus impressionnants avec ou sans culasse mobile. Les

---

88 Jean Doise et Maurice Vaïsse, *Politique étrangère de la France. Diplomatie et outil militaire, 1871-1991* (Seuil, 1992), p. 140-149. Exposé fort intéressant et critique de Doise pour la période antérieur à 1914, et canonisation des doctrines officielles par Vaïsse pour la période après 1945. Noter la différence de documentation entre la première et la seconde partie. Plus près de nous, on a vu la France gaulliste lancer le Concorde pour tenter de battre l'Amérique sur le terrain où sa suprématie était maximale…

89 Outre Doise et Vaïsse, voir le merveilleux petit livre de Jean Doise, *Un secret bien gardé. Histoire militaire de l'affaire Dreyfus* (Seuil, 1994) où l'on présente le début de l'affaire Dreyfus comme une entreprise montée de toutes pièces pour concentrer l'attention des Allemands sur un canon de 120 peu performant pendant qu'on développe le 75 en secret. Contrairement à certains critiques, je n'y ai trouvé strictement rien susceptible de mettre en cause l'innocence de Dreyfus, bien au contraire ; on y trouve par contre tout ce qu'il faut pour mettre en cause l'intelligence de *l'Intelligence Service* français de l'époque ; ils n'avaient pas prévu le dénouement…

canons d'Armstrong améliorant spectaculairement la précision du tir *(they can do anything but speak,* déclare le chef de l'armée de terre), Armstrong construit une usine et passe un curieux accord avec le gouvernement : il renonce à exporter et donne, gratuitement, son brevet au gouvernement, lequel s'engage à assurer le plein emploi des capacités de production et à financer les recherches d'Amstrong. Maintenant Sir, Amstrong devient instantanément célèbre. Mais lorsqu'on essaie ses canons quelques années plus tard au Japon, les culasses non étanches des canons de 110 livres provoquent un grand nombre d'accidents (même problème chez Krupp lors de la guerre contre l'Autriche) ; la Navy rejette la nouvelle technique pour vingt ans, les Français résolvant le problème grâce en partie à un brevet américain. Armstrong décide alors de se lancer dans l'exportation et deviendra l'un des trois grands armuriers navals anglais, avec Whitworth et, plus tard, Vickers [90]. La guerre de Sécession (premières mitrailleuses Gatling à tubes multiples, torpilles et mines primitives, premiers navires cuirassés à tourelle d'Erikson, usage des chemins de fer) accentue le mouvement : c'est la première guerre industrielle de l'Histoire ; elle ne devait, déjà, durer que trois mois. 600 000 victimes et la célèbre déclaration du général Sherman : *War is Hell* [91]. On en profite pour fonder une Académie des Sciences privée mais censée conseiller le gouvernement.

[90] J. D. Scott, *Vickers : A History* (London, 1962) est passionnant et utile même sur Amstrong. Voir aussi McNeill et surtout l'article beaucoup mieux documenté de Marshall J. Bastable, *From Breechloaders to Monster Guns : Sir William Armstrong and the Invention of Modern Artillery, 1854-1880* (Technology and Culture, 1992, p. 213-247), résumant un Ph. D. de Toronto sur l'histoire de la maison Armstrong. Ses canons sont formés de tubes concentriques de longueur décroissante que l'on installe à chaud les uns autour des autres et qui, en se refroidissant, soumettent les tubes intérieurs à une pression qui en augmente la résistance ; en même temps, l'épaisseur du canon "télescopique" augmente lorsqu'on se rapproche de la culasse, ce qui permet l'utilisation de grandes quantités de poudre.

[91] James M. McPherson, *La guerre de Sécession* (héroïquement traduit chez Laffont, 1991, 1 040 p.), le chapitre 12, donne des indications sur la guerre maritime. Le chapitre 1 contient des réflexions utiles sur le « système américain de manufacture ».

Bien que les armements terrestres progressent de façon spectaculaire, on n'y voit rien, pas même les gigantesques canons de Krupp, qui se compare en complexité technique à ce qui se passe dans les Marines pendant le demi-siècle précédant 1914. On commence avec la vapeur, les hélices et des coques puis des blindages en fer forgé (renforcés encore, au début, par 80 cm de teck). Celles-ci obligent les ingénieurs à placer les canons sur le pont puis à les protéger par des tourelles elles-mêmes blindées (le premier navire anglais de ce type chavire : erreur d'équilibrage…) ; enfin à regrouper en une "citadelle" centrale fortement protégée les œuvres vivres du navire. Comme il faut percer les blindages, le calibre des canons augmente ainsi que la puissance des obus dont la conception pose des problèmes difficiles : l'ogive doit percer la coque à l'aide d'aciers de plus en plus durs et l'explosion doit être déclenchée devant, dans ou derrière l'armure, selon les buts poursuivis, à l'aide de détonateurs réglables (fusées). L'épaisseur des blindages augmente alors, jusqu'à ce qu'on se décide, lorsqu'elle atteint 50 cm au plus fort, à passer à l'acier, d'où de nouveaux problèmes pour les artilleurs, etc. En même temps, les dimensions des grands navires de ligne passent de 5 000 tonnes à quelque 25 000 en 1914, et les vitesses de 10-12 nœuds à 25, ce qui suppose naturellement des machines de plus en plus gigantesques.

Les *Dreadnoughts* de la Belle Epoque, qui serviront de modèle à toutes les marines jusqu'à la Seconde guerre mondiale qui mettra fin aux cuirassées, procèdent d'une stratégie analogue à celle de la dissuasion nucléaire et, comme les actuels sous-marins nucléaires lance-missiles, se situent au sommet de la pyramide des techniques ; bon signe pour le progrès technique. Celui-ci a transformé les navires biologiques en bois et à voiles, aux coques plongées dans la nuit et envahies par de véritables marécages puants [92], en usines *high tech* aux

[92] Voir le chapitre 22, *From Sail to Steam* de Robert Massie, *Dreadnought. Britain, Germany, and the coming of the Great War* (Random House, 1991, ou Ballantine Books, 1992, paperback impeccable de mille pages), qui se lit comme un roman et dont l'intérêt dépasse de beaucoup le cadre de la compétition navale. La période postérieure à 1905 fait l'objet du premier volume, classique, de Arthur J. Marder, *From the Dreadnought to Scarpa Flow : The Royal Navy in the Fisher Era, 1904-1919* (Oxford UP, 1961) et plus

murs d'acier découpées en une multitude de compartiments étanches. Une machinerie hydraulique permet le chargement et le pointage de dix canons de douze pouces [93] dans les premiers modèles, jusqu'à huit canons de 15 pouces (auxquels s'ajoutent quatorze canons de six pouces) expédiant une tonne à 20 km dans les *super-dreadnoughts* programmés en 1912. D'énormes roulements circulaires permettent de déplacer les tourelles. Un système de contrôle de tir utilisant des calculateurs analogiques primitifs (encore qu'un système bien supérieur eût été refusé par la Navy [94]) fournissant la distance à l'objectif à partir des azimuts transmis par deux télescopes installés au sommet des mâts et qu'on finira par stabiliser à l'aide de gyroscopes. On y trouve aussi des canons à tir rapide et des mitrailleuses lourdes contre les torpilleurs à l'aide desquels les Français avaient, vers 1880, espéré neutraliser à bon marché la Royal Navy, ainsi qu'une dizaine de

---

récemment, de Jon Tetsuro Sumida, *In defense of naval supremacy. Finance, Technology, and British naval policy, 1989-1914* (Unwin, 1989 ou Routledge, 1993).

[93] L'idée de Fisher est d'envoyer sur les navires ennemis des obus de gros calibre que l'on tire, à un rythme rapide, d'une distance supérieure à la portée des canons ennemis. On corrige le tir en observant les impacts, après quoi l'ennemi est censé recevoir trois obus à la minute. Cela suppose naturellement qu'il n'ait pas les mêmes idées ou les mêmes capacités, ce qui, dans le cas de l'Allemagne de Krupp, est loin d'être garanti comme le montrera la bataille du Jutland.

[94] McNeill fournit quelques détails sur ce point, mais la référence est maintenant Sumida, *op. cit.*, qui, outre les aspects politiques et stratégiques, détaille les problèmes de contrôle de tir sans, malheureusement, écrire la moindre équation ; cela ressemble aux problèmes de robinets de mon enfance. La question devrait intéresser les historiens des mathématiques appliquées puisqu'on est là à l'extrême limite de ce qu'on peut faire sans informatique. L'une des difficultés pour les artilleurs de la Navy semble avoir été que, pour contrôler le tir, il faut tenir compte non seulement de ce que Sumida et ses sources appellent le *change of rate* de la distance et de l'azimut, mais aussi de leur *change of rate of the change of rate,* même dans l'hypothèse de navires suivant des trajectoires parallèles à vitesse constante. Les lecteurs n'auront sans doute pas de peine à comprendre pourquoi, et à traduire cette terminologie archaïque… Noter enfin qu'Arthur Pollen, l'inventeur du système refusé, était directeur administratif de la branche anglaise de la Linotype Cy. américaine dont le titre indique l'activité. Lord Kelvin, membre de son conseil d'administration mais fort âgé et par ailleurs conseiller de la Marine, conseillait d'assez loin Pollen (Sumida, chap. 3) dont le système utilisait une version perfectionnée de l'intégraphe développé trente ans plus tôt par Kelvin et son frère. L'histoire est trop complexe pour être résumée en quelques lignes.

tubes lance-torpilles. Une centrale électrique alimente d'innombrables moteurs. La radio est déjà installée. Les machines à vapeur traditionnelles, assourdissantes, entourées d'un nuage de vapeurs d'huile, menaçant constamment de gripper à un point ou à un autre, devaient être révisées après quelques heures à pleine puissance ; les *Dreadnoughts* sont propulsés en silence et sans vibrations par les nouvelles turbines à vapeurs de Parsons, imposées par des constructeurs de transatlantiques sous peine d'obsolescence rapide ; elles permettent au navire de se maintenir plusieurs jours à sa vitesse maximum. On substituera le fuel au charbon avant 1914 – Fisher envisage même déjà des moteurs Diesel –, d'où 25 nœuds (ou presque 30 pour les croiseurs moins lourdement protégés) et l'intérêt anglais pour le pétrole iranien [95]. Enfin, la fabrication de plaques de blindage de 400 mm et de 20 mètres carrés représente, on l'imagine bien, d'extraordinaires tours de force métallurgiques qu'une dizaine tout au plus de firmes sont, dans le monde, capables de réussir.

Issu d'un milieu social fort médiocre (Massie, chap. 23), ayant, grâce à son intelligence, à son énergie et à un ego quelque peu hypertrophié, gravi tous les échelons de la hiérarchie jusqu'à l'entourage d'Edouard VII inclusivement, Fisher n'a pas les préjugés sociaux de ses collègues. Il supprime (en théorie…) la distinction entre les aristocratiques officiers de pont et les *greasers,* officiers mécaniciens de basse extraction. On ne tente pas cet exploit en France (Ecole navale contre Arts et Métiers).

Quant aux stratégies d'emploi de ces forteresses flottantes, les avis varient. L'un des rares fanatiques du progrès technique dans la Royal Navy, Fisher s'était enthousiasmé dès 1870 pour les torpilles et plus tard pour les sous-marins qui intéressaient beaucoup moins ses collègues et pas davantage les Allemands [96]. Fisher proclame en 1903

---

[95] Daniel Yergin, *The Prize. The Epic Quest for Oil, Money and Power* (Simon and Schuster, 1991 - traduit en français), ch. 8.

[96] C'est en 1914 que von Tirpitz s'y convertira bien qu'on en programme quelque 70 en 1912-1913, ce qui affole les Britanniques. Ils ont beaucoup de succès en France après le *Gustave-Zédé* de 1899 ; en 1904, la France en possède 26 plus 13 en chantier,

que les sous-marins détruiront les navires de bataille et préconise une flotte de croiseurs rapides et de destroyers. Mais lorsqu'il arrive à la tête de l'Amirauté en octobre 1904, c'est le programme des *Dreadnoughts* qu'il lance ! Il prévoit à nouveau en 1913 que les sous-marins détruiront les navires de bataille (il n'est plus au pouvoir…) ; revenu à l'Amirauté en 1914-1915, il préconise à nouveau des *super-super-dreadnoughts* de 35 000 tonnes filant 32 nœuds et armés de canons de 17 ou même 20 pouces. Les polémiques vont aussi bon train dans ce milieu quant aux usages possibles et à la vulnérabilité des croiseurs, aussi bien armés que les *Dreadnoughts* mais moins protégés et donc plus rapides ; on en arrive à les blinder plus ou moins eux aussi.

En fait, tout le monde, ici encore, avance dans la nuit.

Quand à ce qui va se passer en cas de guerre dans la marine marchande, Fisher en a une idée en 1913 sans probablement se douter de l'ampleur de la catastrophe à venir :

> « Le sous-marin n'a aucun moyen de capturer un navire marchand ; il ne dispose pas de suffisamment d'hommes supplémentaires pour installer un détachement à son bord […], il n'est pas en mesure de l'escorter jusqu'au port […]. Il n'y a rien que puisse faire un sous-marin, excepté couler sa capture […]. Un tel acte de guerre est bien sûr perçu comme indéniablement barbare [mais] les guerres sont par nature violentes, et les demi-mesures en temps de guerre des sottises. » [97]

Les Allemands retiendront la leçon, à supposer qu'elle leur ait été nécessaire. Trebilcock, p. 89, note que, de 1880 à 1914 :

---

l'Angleterre 8 plus 11, les États-Unis 8 et aucun en chantier, l'Allemagne un seul, en chantier ; Weir, p. 85. On destinait les sous-marins à des opérations très limitées : défense des ports, pose de mines. La Grande Guerre changera tout grâce à l'accroissement de leur autonomie.

[97] Exposé exhaustif de la guerre sous-marine pendant la Grande Guerre et la suivante dans John Terraine, *Business in Great Waters* (Mandarin Paperbacks, 1990) ; Fisher cité p. 5. Pendant la Grande Guerre, ce sera l'un des domaines privilégiés d'utilisation des progrès scientifiques et techniques.

> « les forges allemandes rivalisèrent avec les forges britanniques dans une course aux armements qui était autant une confrontation de capacités industrielles, autant une compétition d'économies manufacturières se disputant les marchés mondiaux, qu'une compétition entre États-nations se disputant la préséance internationale. » [98]

Mais tout cela sera de peu d'utilité militaire : une rencontre au Jutland en mai 1916 infligera à la Navy des pertes très comparables à celles de la flotte allemande, après quoi celle-ci, à quelques exceptions près, restera prudemment, dans ses ports ; le vrai problème, que les *big guns* ne résoudront pas, sera de lutter contre les torpilles des sous-marins et les mines. Un sous-marin allemand coule le 22 septembre 1914 trois croiseurs cuirassés, un *super-dreadnought* à l'état neuf coule sur une mine le 27 octobre – on tiendra l'incident secret jusqu'en 1919 –, l'Amirauté évacue sa base de Scapa Flow lorsqu'un marin aperçoit un imaginaire périscope, deux cuirassés anglais, périmés il est vrai, et, un français coulent sur des mines aux Dardanelles, etc., sans parler bien entendu de la guerre contre le commerce qui, en 1917, placera l'Angleterre dans une situation quasi désespérée.

Les nouveaux explosifs

Si les innovations techniques que nous venons de mentionner sont presque toujours dues à des ingénieurs, parfois certes militaires, par contre les propriétés explosives de la nitroglycérine et de la nitrocellulose, qui donneront lieu à une révolution militaire de première grandeur, sont découvertes accidentellement et sans le moindre but militaire par de vrais chimistes, Sobrero et Schönbein [99],

[98] Pour la France de de Gaulle, la force de frappe, comme le Concorde, devait établir aux yeux de tous l'excellence de notre industrie.

[99] Schönbein, dans sa cuisine, distille un mélange d'acides nitrique et sulfurique, la cornue se rompt, il s'empare du tablier de sa femme pour éponger la table, le rince abondamment, le met à sécher au-dessus de son poêle et, au bout de quelques minutes, le voit disparaître en flammes sans laisser de traces. Sobrero verse un peu de glycérine dans un peu du même mélange, chauffe le tout avec le résultat qu'on peut deviner, publie aux CRAS et abandonne le sujet. *Si non è vero…* Schönbein par contre aide

en 1846-1847. Ceci est peu surprenant puisqu'une des distractions favorites des chimistes de l'époque est d'attacher des radicaux NO_2 à tous les composés organiques qui les acceptent, ce qui rend d'ailleurs la chimie des colorants fort proche de celle des explosifs. Mais leur utilisation dans l'artillerie, à laquelle on pense partout instantanément, ainsi que leur fabrication et leur stockage qui donnent lieu à des accidents spectaculaires – on voit encore des navires de guerre exploser spontanément peu avant 1914 –, se heurtent à des difficultés majeures qui ne seront pas résolues avant 1880-1890.

Dans l'intervalle, Nobel stabilise en 1867 la nitroglycérine en la transformant en dynamite et, encore plus important, invente les détonateurs au fulminate de mercure actionnés électriquement. Il améliore ensuite sa dynamite en lui ajoutant de la pâte de bois, du collodion ou du nitrate d'ammonium, composé dont les propriétés explosives sont découvertes en Suède en 1867. Le nouvel explosif révolutionne non pas l'armement – il démolirait n'importe quel canon – mais les travaux publics et les mines qui en font rapidement une consommation prodigieuse après avoir utilisé la poudre noire puis la nitroglycérine, qu'on utilisera longtemps encore pour creuser des puits de pétrole. La dynamite intéresse aussi d'autres clients sérieux :

> « La DYNAMITE ! Pour une trouvaille, c'en est une ! Remplissez un tube d'un pouce de ce truc génial […], colmatez les deux extrémités, insérez une mèche, placez le tout dans le voisinage immédiat d'un tas de gros flemmards vivant de la sueur des autres et allumez la mèche. S'ensuivra le plus heureux et le plus gratifiant des résultats. En faisant don de la dynamite aux millions d'opprimés de par le monde, la science a vraiment fait du bon travail. » [100]

Les compagnies que Nobel fonde un peu partout deviendront rapidement le premier grand holding international basé en Europe,

---

immédiatement les Anglais à monter une usine de coton-poudre ; l'expérience se termine par une explosion catastrophique.

[100] Cité dans J. I. Brian di Salvatore, *Vehement Fire* (*The New Yorker*, 27 avril et 4 mai 1987), hymne à la gloire de la dynamite dans le cadre américain. Sur le développement de la compagnie Nobel, voir W. Reader, *Imperial Chemical Industries : A History* (Oxford UP, 2 vol., 1970 et 1975), exemple particulièrement réussi d'histoire industrielle.

inspiré sans doute de la Standard Oil de John D. Rockefeller, laquelle inspirera aussi les futurs fondateurs de l'I.G. Farben dans un pays de toute façon voué aux cartels disciplinant la concurrence (Trebilcock, F. Haber et surtout Reader). Le directeur de la branche française, Paul Barbe, est impliqué dans le scandale de Panama.

L'inventeur français des premiers explosifs brisants [101], Turpin, en 1884-85, est. un fabricant autodidacte de jouets en caoutchouc qui trouve le moyen (un bain-marie d'huile !) de fondre un colorant pour ses jouets, l'acide picrique, sans le faire exploser contrairement aux théories de Berthelot [102] dont, les travaux sur la cinétique et la thermodynamique chimiques, comme ceux de Le Chatelier, seront néanmoins fort, utiles ; les démêlés de Turpin avec les militaires le mèneront au bord de la folie. Le secret de sa mélinite (du grec *meii,* miel, nous dit Doise, pour faire croire à nos ennemis qu'il s'agit d'agriculture), sera vendu dans les deux ans aux Anglais, qui la baptiseront *lyddite,* et aux Allemands par des patriotes dont la trahison, réelle, ne soulèvera pas le même scandale public que celle, inventée, du capitaine Dreyfus à la même époque comme Doise le remarque… Paul Vieille, qui invente en 1884 pour les armes individuelles des poudres sans fumée à base de collodion comprimé, est ingénieur général des Poudres, ce qui facilite probablement les négociations [103], et collabore depuis longtemps avec Berthelot.

De son coté Nobel, après quinze ans d'efforts, produit pour l'artillerie, en 1888, une "poudre" (elle a la consistance du celluloïd – les Anglais parlent, eux, de *propellanis)* en mélangeant de la

[101] Dans un explosif brisant, la combustion se propage à plusieurs km/sec et produit donc des ondes de choc ; dans les poudres, à quelques m/sec. Le problème, dans le second cas, est de contrôler la vitesse de combustion pour propulser le projectile mais non le canon.

[102] Celui-ci préside aussi vers 1880 une Commission des inventions destinées à l'armée de terre. Fin 1895, il est pour quelques mois ministre des Affaires étrangères, poste où son principal succès consiste à lancer vers le Nil l'expédition Marchand – d'où l'incident de Fachoda…

[103] Doise et Vaïsse, chap. III. Le collodion est obtenu en dissolvant de la nitrocellulose dans un mélange d'éther et d'alcool. On en tirera le celluloïd et des fibres artificielles et il sert d'abord à protéger les plaies de l'infection.

nitroglycérine et du collodion ; il espère, un de plus, rendre la guerre suffisamment horrible pour en dégoûter les hommes. Deux chimistes anglais, Frederic Abel et James Dewar, auxquels Nobel a presque tout révélé, qui font partie d'un Comité officiel des poudres et, en même temps, "consultent" à l'usine de Glasgow du trust Nobel, transforment immédiatement sa *ballistite* en la *cordite* qui propulsera les obus de la Royal Navy [104] : d'où un procès que Nobel perdra à tous les échelons, les "inventeurs" de celle-ci recevant un brevet et le droit de l'exploiter à leur profit, décision « remarquablement libérale » de la part du gouvernement britannique qui emploie Abel, nous dit Mr. Reader ; Nobel se console en vendant son produit ailleurs, à la Triplice par exemple.

Beaucoup d'autres explosifs, militaires (TNT surtout, depuis longtemps connu dans l'industrie des colorants et que l'armée allemande utilise à partir de 1904) ou civils, seront découverts par la suite dans les laboratoires spécialisés ou non ; un chimiste allemand qui, en 1908, publie dans le célèbre *Berichte* une histoire du sujet, note qu'en chimie organique chacun a un explosif dans ses cartons : les détonateurs à la Nobel permettent de faire exploser quasiment n'importe quoi.

Y compris, en 1992, à l'usage des gratte-ciels de New-York, un mélange à 94 et 6 % (avis aux amateurs) de flocons de nitrate d'ammonium, engrais standard, et de fuel. Ce type d'explosif, découvert aux USA en 1955, représente maintenant avec ses variantes 70 % du marché dans le secteur civil, nous dit l'article de la nouvelle édition de l'*Encyclopedia Britannica* consacré au génie chimique.

[104] L'apparition dans l'artillerie navale de nouvelles poudres permet d'augmenter la portée des canons à condition de les allonger suffisamment pour permettre à la poudre de produire tout son effet. Arrive alors un moment où le chargement des obus par la bouche devient quasiment impossible, ce qui force la Royal Navy à adopter le chargement par la culasse auquel elle avait renoncé vingt ans plus tôt.

Les "merchants of death"

A partir de 1860-1870, les progrès techniques de l'armement sont favorisés par la compétition entre la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne, la Russie, les États-Unis, le Japon et l'Italie, où un ingénieur naval, Cuniberti, invente une partie des idées de base de Fisher sur les *Dreadnoughts*. C'est particulièrement le cas dans le domaine naval, de loin le plus technique, totalement révolutionné comme on l'a vu plus haut par le développement de la métallurgie et le progrès des machines-outils. Mais les fabrications deviennent si coûteuses – en Angleterre, le prix d'un navire de ligne passe, entre 1850 et 1914, de 150 000 à 2,7 millions de livres sans inflation – le rythme du changement technique devient si rapide que les arsenaux gouvernementaux sont maintenant obligés de recourir, au moins en partie, à des entreprises privées qui, elles, peuvent amortir les énormes investissements nécessaires et compenser les hauts et les bas des commandes nationales grâce à des productions civiles, grands navires à passagers par exemple, et surtout à des exportations d'armements tous azimuts [105]. A la suite du scandale Krupp de 1913 (voir plus loin), le Ministre de la Guerre allemand formulera au Reichstag la philosophie, universellement adoptée, du système :

> « Ce n'est pas que je sois en faveur de l'industrie privée. Mais nous dépendons d'elle. En période critique, nous devons pouvoir disposer de grandes masses d'armements. On ne peut pas les obtenir des arsenaux de l'État. D'autre part, nous ne pouvons pas passer suffisamment de commandes aux firmes privées pour les maintenir solvables en temps de paix. Elles dépendent donc des commandes étrangères. Qui en retire les avantages ? Sans aucun doute la classe qu'elles entretiennent ! » [106]

Et comme le notent tous les auteurs, les profits qu'espèrent les fabricants privés constituent un puissant motif au progrès technique

[105] En dépit du fait que les dépenses militaires des grandes puissances sont, entre 1880 et 1913, multipliées par trois et même par cinq pour l'Allemagne, la part du PNB consacrée à la défense en 1913 ne dépasse pas 4 à 5 %, sauf pour la Russie (plus de 7 %). Le chiffre allemand, 3,8 % à la veille de la guerre, est du même ordre que le chiffre français actuel, que d'aucuns jugent trop faible et qui constitue un minimum depuis 1945.

[106] Manchester, ch. 11, p. 311 de l'édition Bantam Books.

dans ce domaine comme dans d'autres : la meilleure façon d'obtenir des commandes est de rendre périmé le matériel en service. Comme un expert américain le dira à propos des fabricants d'armes de la guerre froide, « ce qu'ils ont de plus vendable, c'est le progrès technique ».

Il faut noter que les entreprises les plus célèbres – Krupp, Armstrong, Whitworth, Vickers [107] – se lancent dans l'armement après avoir acquis une expérience considérable dans la métallurgie et la mécanique civiles. Armstrong invente et fabrique d'abord des grues actionnées hydrauliquement. Krupp et Vickers, qui réussissent les premiers à couler et à forger d'énormes lingots d'acier au creuset, fabriquent d'abord des cloches pour les églises, des cylindres à estamper les monnaies, couverts de tables et autres objets inoffensifs (Krupp), des bandages (d'où le logo de Krupp : trois cercles) puis des rails pour les chemins de fer, des axes de transmission et des tôles pour la marine marchande, des machines de toutes sortes, etc.

Entrés dans l'armement en 1888 à la suite d'une dépression du marché civil – les rails en acier s'usent lentement –, les frères Vickers fabriquent d'abord des canons de marine et des plaques de blindage. Ils décident en 1897 de produire par leurs propres moyens des navires de guerre entièrement équipés, canons y compris, comme Krupp un peu plus tard. Ils construisent dès 1900 des .sous-marins en acquérant la licence américaine Holland exploitée par l'Electric Boat Cy, aujourd'hui branche de la firme General Dynamics qui construit les sous-marins nucléaires américains. Ils achètent, en

---

[107] Voir notamment William Manchester, *The Arms of Krupp*, J. D. Scott, *Vickers. A History* (Londres, 1962), Gary E. Weir, *Building the Kaiser's Navy* (Annapolis, Naval Institute Press, 1992), Marshall J. Bastable, *From Breechloaders to Monster Guns : Sir William Armstrong and the Invention of Modern Artillery, 1854-1880* (Technology and Culture, 1992, p. 213-247), qui résume une thèse canadienne, et McNeill, *La course à la puissance.* Il n'existe apparemment rien d'équivalent sur Schneider. J'ai rencontré il y a quelques années une élève d'un spécialiste connu d'histoire militaire ; elle préparait une thèse de troisième cycle sur "le complexe militaro-induslriel français, 1880-1914" et passait ses journées au fort de Vincennes à dépouiller les archives relatives aux fournitures de… fourrage à l'armée.

compagnie d'Armstrong, l'entreprise de Fiume où, la Navy ayant refusé d'acquérir le brevet, la famille Whitehead fabrique des torpilles pour tout le monde depuis 1870. Ils fondent des branches en Espagne, Italie, Japon, Russie et Turquie. Ils se lancent dans l'aviation en 1910, etc.

Ce processus donne naissance, particulièrement en Angleterre et en Allemagne, aux premiers "complexes militaro-industriels" et à ce qu'on appellera plus tard les "marchands de canons", avec tout ce qu'on voit de nos jours : pantouflages [108], campagnes financées par les fabricants dans la presse et les revues spécialisées que celle-ci utilise, corruption de fonctionnaires [109], fusions d'entreprises (Armstrong et Whitworth fusionnent en 1897, date à laquelle Vickers a déjà absorbé plusieurs chantiers navals en attendant d'absorber Armstrong-Whitworth après la Grande Guerre), accords internationaux, etc.

Cinquante ans avant le non moins faux *missile gap* américain de 1957-1960, le faux *Dreadnought gap* de 1908-1909 en Grande-Bretagne donne lieu à de curieux développements. Le ralentissement prévu à quatre par an des commandes anglaises après 1908 conduit le directeur des Coventry Ordnance Works à prétendre que l'Allemagne s'apprête à construire secrètement davantage de cuirassés qu'officiellement annoncé ; Lord Balfour, leader de l'opposition, prétend qu'en 1912 l'Allemagne possédera 21 Dreadnoughts, contre 16 britanniques. Il est de fait qu'en 1908 Krupp met deux nouveaux navires sur cale avant même que le budget correspondant ne soit voté ; Tirpitz, qui a signé secrètement le contrat pour l'un des deux navires, prétend que ces

[108] En 1905, l'amiral Fisher, qui tente d'imposer sa stratégie des Dreadnoughts, menace d'accepter la présidence d'Armstrong-Whitworth aux appointements de 20 000 livres sterling par an, soit quatre fois ce qu'il reçoit du gouvernement (Massie, p. 499).

[109] En 1913, le député socialiste Karl Liebknecht reçoit sous enveloppe anonyme des informations - qu'il rend publiques - prouvant que le représentant de Krupp à Berlin, Brandt, a obtenu des quantités de documents secrets sur le budget à venir du ministère de la Guerre et les armements prévus. On est obligé d'enquêter, ce qui conduit à un énorme scandale et à des révélations sur les relations financières de Brandt avec de hauts fonctionnaires et militaires. L'affaire se termine par un procès, des mois de prison et des expulsions de l'armée. Voir Manchester, ch. 11, ou Noël-Baker, p. 144-150, dont les récits coïncident pour l'essentiel, sinon dans les détails.

chantiers privés le font « à leurs risques et périls, avec leurs propres ressources et pour éviter d'avoir à débaucher des ouvriers » et qu'il n'est pas question d'accélérer le rythme des constructions [110]. Ces "informations" provoquent une énorme polémique dans la presse et les milieux politiques entre partisans d'un programme annuel de quatre Dreadnoughts et ceux qui en veulent six ; le *Daily Mail,* qui en rajoute toujours, explique que « 80 % du coût d'un navire de guerre va aux travailleurs » qui le construisent (Massie, p. 623). La conclusion de l'affaire est résumée par Churchill : ayant à choisir entre quatre et six, « *on fit un compromis à huit* » ; l'affaire est exposée en détail dans Massie et surtout Noël-Baker. Le résultat de toutes ces campagnes, appuyées dans tous les grands pays par des Ligues maritimes fort influentes jouant des peurs du public, est clair : entre 1908 et 1914, le budget, de la marine passe de 32 à 51 millions de livres en GB (total pour la période : 309 millions, tables détaillées dans Sumida), et de 16 à 23 en Allemagne.

Les exportations soulèvent autant ou davantage de problèmes à l'époque que de nos jours. Pots de vins aux acheteurs. Prix à l'exportation inférieurs à ceux que l'on demande au gouvernement national : en Allemagne, Krupp est quasiment le seul fabricant de blindages navals (son concurrent sarrois, Dillinger, n'est pas de taille à le concurrencer et s'entend avec lui) et peut pratiquement imposer ses prix, au besoin en menaçant de se retirer de ce secteur, alors qu'à l'étranger il se heurte notamment aux Américains (Carnegie, Bethléem Steel et Midvale Steel) qui se concurrencent entre eux et pratiquent des prix très inférieurs aux siens ; Tirpitz songe sérieusement, à diverses époques, à importer des plaques américaines. Il y a aussi et surtout le problème des ventes à des ennemis potentiels. Krupp vend à la Russie ses premiers canons en acier dont ne veulent pas ses concitoyens (il faudra l'intervention du futur Guillaume II pour les faire adopter après

[110] On s'apercevra effectivement plus tard que les informations de Mr. Mulliner sont parfaitement fausses ; la flotte allemande de 1912 ne comporte que neuf Dreadnoughts et, de toute façon, le budget allemand, devant être approuve par le Reichstag, est public.

quelque quinze ans de démarches et de démonstrations). Malgré Bismarck, il vend les mêmes canons à l'Autriche trois mois avant la guerre de 1866 : un contrat est un contrat. Il les propose, sans succès car on ne veut pas couler Schneider, à la France avant. 1870. Il installe des usines en Russie. En 1906, alors que commence la course aux Dreadnoughts, le Ministre anglais de la Marine révèle que Krupp est disposé à fournir à l'Angleterre huit navires par an (Manchester, chap. 11) ; on refuse poliment.

En Angleterre, Vickers et Armstrong exportent parfois des croiseurs supérieurs à ceux de la Royal Navy, ainsi obligée de suivre sous peine de se voir dépassée par le Chili (!), ou sont en train de construire des Dreadnoughts pour la Turquie en 1914 (on les confisque). Les mitrailleuses de (later Sir) Hiram Maxim, financé par les frères Vickers en 1884, sont fabriquées sous licence par Krupp dès 1888, année où, avec la bénédiction de Lord Rothschild, la Maxim Gun Cy fusionne avec la Nordenfeld Gun and Ammunition Cy présidée par un amiral. Celle-ci apporte un voyageur de commerce de talent, Basil Zaharoff (later Sir et Grand Croix de la Légion d'Honneur), qui financera des chaires d'aéronautique à Paris-Sorbonne pour Painlevé, Saint-Pétersbourg et Londres avant 1914. La compagnie périclitant par manque de commandes – c'est la Grande Guerre qui ouvrira vraiment les yeux des militaires sur les vertus des mitrailleuses – et de talent administratif, Lord Rothschild lui donne en 1895 un nouveau directeur général, Sigmund Loewe. Le frère de celui-ci, Ludwig, qui fabrique les meilleures machines-outils du monde, a fondé et dirige la principale fabrique allemande d'armes individuelles pour l'armée. En dépit des efforts des fabricants allemands pour égaler les turbines Parsons, celles-ci, fabriquées en Allemagne, équipent la Marine Impériale (Weir, p. 71-72). Le superbe laboratoire central de la société Nobel, qui domine le marché des explosifs en Grande-Bretagne (on finit par avoir recours à elle malgré l'affaire de la cordite), est à Berlin. On pourrait multiplier les exemples. En ce qui concerne Schneider, autorisé à exporter après 1880, la théorie officielle est que, dans ce domaine, la maison obéit strictement à la politique gouvernementale ; même si c'est le cas, il

suffit de contempler la situation de 1994 pour éprouver des doutes quant aux vertus des résultats… On voit aussi apparaître des arguments fort actuels. Dès 1873, Krupp explique que les exportations permettent de diminuer le coût des armements nationaux, ce que, dans son cas, l'avenir sera loin de confirmer puisqu'il profitera abondamment de son monopole des plaques blindées et canons lourds de Marine et de l'appui inconditionnel du Kaiser pour imposer ses prix à la *Reichsmarine*.

Le progrès des armements a naturellement pour principal objectif de périmer ceux de l'ennemi potentiel ; l'apparition du Dreadnought oblige les Allemands à modifier leurs plans en catastrophe, d'où seize mois de retard. Fisher formule la théorie dans son inimitable style :

> « LE GRAND SECRET CONSISTE A RETARDER JUSQU'AU TOUT DERNIER MOMENT LA CONSTRUCTION DU NAVIRE (quelle que soit sa taille), VOIRE A NE PAS LE CONSTRUIRE DU TOUT ! Vous pouvez ainsi voir les plans définitifs de l'ennemi, la construction de leurs vaisseaux est entamée et si avancée qu'elle ne peut plus être stoppée, et pour chaque choix technique sur chacun de ces vaisseaux ennemis, vous ordonnez la construction d'un engin moitié mieux conçu ! Sachant par ailleurs que votre capacité à dégager des financements et à mettre en œuvre la construction proprement dite en un temps record, vous permettra d'être prêt au combat en même temps que l'ennemi, ou même avant lui… » (Lettre à Churchill, Noël-Baker p. 406).
>
> « Savez-vous que les bâtiments que nous venons de mettre à flot sont aussi supérieurs au Dreadnought que celui-ci l'était par rapport à tous les navires de guerre qui l'ont précédé !
>
> Et ils s'exclameront une fois de plus : “Damnée fripouille ! Encore une nouvelle génération de Dreadnoughts !” Mais imaginez le “réveil” des Allemands lorsque ces nouveaux cuirassés surgiront bientôt en face d'eux ! 70.000 chevaux-vapeur !!! Et assez de canons pour les étriper tous !!! » (Sumida, p. 162)

Mais les nouveaux armements périment aussi ceux du pays qui innove. Les obus à la mélinite, laquelle passe rapidement en Grande-Bretagne et en Allemagne comme on l'a dit plus haut, ouvrent d'énormes brèches dans les fortifications françaises qu'on est obligé

de bétonner (Doise et Vaïsse). Les Dreadnoughts de 1905, introduits au moment précis où la Royal Navy est au sommet de sa puissance, périment tous les cuirassés anglais construits dix ans auparavant – l'amiral Fisher retire du service 154 navires en tous genres, ce qui lui vaut de solides inimitiés qui le forceront à se retirer en 1910 – puisque les Allemands s'en inspirent aussitôt et que, de plus, les constructeurs britanniques peuvent en exporter. Il arrive aussi qu'un métallurgiste, disons Krupp ou Armstrong, mette sur le marché l'année N un blindage résistant à tous les projectiles connus et, l'année N + 3, un obus perçant ses increvables blindages ; on organise des concours internationaux. Comme le notent Carr et Taplin, il existe en Angleterre une compétition nationale entre fabricants de blindages et fabricants de canons.

Tout se passe en fait fort bien grâce aux accords d'échanges de brevets existant à l'intérieur de cette très internationale communauté, sans parler de l'espionnage. Pour la fabrication de blindages en acier au nickel dont la surface est durcie au carbone, tout le monde utilise le brevet américain Harvey de 1890 et, peu après, la méthode Krupp qui l'améliore ; pour la délicate technique des fusées d'obus de marine, Vickers acquiert un autre brevet Krupp. Ces échanges de brevets impliquent non seulement des redevances mais aussi parfois une mise en commun des améliorations techniques ultérieures comme dans le cas que l'on vient de mentionner. On n'en est pas encore vraiment à construire des SS-20 et des Pershing pour les envoyer à la casse d'un commun accord attendu que, dans le cas qui nous occupe, on finira par s'en servir, mais on n'en est plus très loin. Tous ces aspects étranges du commerce des armes donneront lieu après 1918 à une enquête systématique de la Société des Nations, jamais rendue officielle, à laquelle participera Noël-Baker ; d'où son livre, écrit grâce notamment à l'aide de la Rockefeller Foundation.

A tort ou à raison, la croissance de la flotte allemande inquiète de plus en plus les Anglais. Elle débute, à très petite échelle, en 1880 et sera dirigée jusqu'à la Grande Guerre par von Tirpitz que Guillaume II, *darling grandchild* de la reine Victoria, soutiendra au même titre

que Krupp contre tous ses critiques. Elle est motivée, comme celle de la Royal Navy trois siècles auparavant, par le désir d'acquérir un empire colonial ou des zones d'influence, en Chine par exemple : la nécessité d'une marine puissante va alors de soi dans la logique impérialiste de l'époque. S'ajoute à cela, de la part du Kaiser, duquel toute la politique navale dépend directement, un mélange de complexe d'infériorité et d'admiration à l'égard de l'Angleterre et de sa marine.

La stratégie de von Tirpitz consiste à construire au fil des ans, sans trop se soucier des réactions anglaises, une flotte dont le financement est assuré par des lois de programmation militaire pluriannuelles que les violentes attaques des socialistes au Reichstag ne parviennent pas à mettre en échec. Tirpitz ne cherche pas à surpasser la Marine anglaise ; il espère parvenir à une quasi-égalité vers 1919 et se contenterait même d'un rapport 2/3 puisque l'Angleterre, avec son Empire, ne pourra jamais concentrer toute sa flotte en mer du Nord ; il doit au surplus tenir compte du coût d'une armée de terre de 600 000 hommes. Il désire faire courir à la Royal Navy un risque suffisant pour lui interdire d'attaquer, mais il est aussi fort conscient de l'existence, entre 1905 et cette date future, d'une dangereuse période de vulnérabilité vis-à-vis des Anglais et déplorera l'arrivée, trop tôt, de la guerre en 1914.

Compte-tenu de la composition de la flotte allemande – navires de bataille plutôt que croiseurs destinés à protéger les lignes de communication –, les Anglais ne peuvent en imaginer d'autre usage que d'attaquer la Navy, voire même de protéger un débarquement. On évoque l'idée d'un Pearl-Harbor allemand avant la lettre, l'amiral Fisher évoquant symétriquement devant. Edouard VII celle d'une attaque préventive contre la flotte de von Tirpitz (le roi lui répond « *My God, Fisher, you must be mad !* », Massie, p. 406). Tout le monde se rend bien compte que la course aux armements engouffre des sommes astronomiques sans autre résultat prévisible que de transformer chacun des participants en une "menace" pour les autres, de sorte que la dissuasion nucléaire de l'époque sert en réalité et principalement à attiser l'hostilité entre "ennemis potentiels". On

voit même avant 1914 des tentatives de contrôle des armements navals ; elles échouent sur le problème des inspections, comme durant la guerre froide, et sur la condition, un peu exagérée, posée par l'Allemagne que la Grande-Bretagne reste neutre lors d'un conflit sur le continent. Mais pourquoi s'effrayer ? A la Conférence pour la Paix de 1906, qui n'aboutit à quasiment rien, tout le monde a reconnu (Marder, p. 134) que la meilleure façon d'éviter la guerre est de s'y préparer [111]. C'est ce que confirmera un témoin compétent :

> « La gigantesque course aux armements en Europe, le sentiment d'insécurité et de peur qui en résulta : voilà ce qui rendit la guerre inévitable. » [112]

---

[111] Sur toute cette période qui ressemble tant, en plus cynique si possible, à celle que nous avons connue depuis 1945, voir McNeill, Scott, Sumida, Marder et Massie. Le brûlot classique sur les "marchands de canons", Philip Noël-Baker, *The Private Manufacture of Armaments* (1936, rééd. Dover, 1980), armé d'une documentation et d'une argumentation impressionnantes, n'est pas cité par les auteurs précédents. On se demande pourquoi. Noël-Baker ayant par la suite reçu un prix Nobel pour la Paix et un titre de Lord, ce qui devrait au moins en faire un "gauchiste" respectable. La littérature française du sujet semble quasi inexistante ; en particulier, Doise et Vaïsse sont d'une grande discrétion sur le genre de détails qui préoccupe Noël-Baker.

[112] Lord Grey, après la guerre ; noter que Grey ne prétend pas que la course aux armements ait été la cause de la guerre. Au soir du 3 août 1914, le chef du Foreign Office a eu une réaction plus émotionnelle et non moins connue : « *Les lumières s'éteignent dans toute l'Europe. Elles ne se rallumeront pas de notre vivant.* »

Octobre 1994

La bombe Soudoplatov

Octobre 1995

La paix par le nucléaire ?

Science, technologie, armement

1997

Préface

Le lecteur innocent et beaucoup de mathématiciens confirmés seront probablement surpris de trouver dans mon livre quelques allusions très appuyées à des sujets extra-mathématiques et particulièrement aux relations entre science et armement. Cela ne se fait pas : *la Science est politiquement neutre* [1], même lorsque quelqu'un la laisse par mégarde tomber sur Hiroshima. Ce n'est pas non plus au programme : le métier du mathématicien est de fournir à ses étudiants ou lecteurs, sans commentaires, des instruments dont ceux-ci feront plus tard, pour le meilleur et pour le pire, l'usage qui leur conviendra.

Il me paraît plus honnête de violer ces misérables et beaucoup trop commodes tabous et de mettre en garde les innocents qui se lancent en aveugles dans des carrières dont ils ignorent tout. En raison de ses catastrophiques conséquences passées ou potentielles, la question des rapports entre science, technologie et armement concerne tous ceux qui

---

[1] Assertion depuis longtemps démolie, notamment dans la thèse de Jean-Jacques Salomon, *Science et Politique* (éd. Seuil, 1970), et par d'innombrables études américaines, anglaises ou allemandes portant sur tel ou tel aspect du sujet. La façon la plus courante de politiser l'activité scientifique consiste à favoriser financièrement telle ou telle branche plutôt que telle autre ou à faire intervenir des scientifiques dans des conseils gouvernementaux de niveau fort élevé. Un cas d'école est l'impulsion que le gouvernement américain qui, avant 1939, ne finançait la recherche scientifique que dans des domaines comme l'agriculture ou la géologie, lui a donnée après 1945 dans tous les domaines et particulièrement en physique. La réaction américaine au Spoutnik, documentée dans Robert A. Divine, *The Sputnik Challenge* (Oxford University Press, 1993), pp. 89-93 et 157-166, rentre dans le même cadre : les crédits de la NSF, le CNRS américain, jusqu'alors très limités, se sont envolés sous le faux prétexte que l'exploit *technique* soviétique prouvait l'infériorité de la *science* américaine. Il ne prouvait même pas celle de la technique américaine, le retard des Américains en matière de missiles résultant du fait que l'aviation avait, avant 1950, obtenu la priorité à une époque où le budget militaire était encore relativement réduit.

se lancent dans les sciences ou les techniques ou les pratiquent. Elle est gouvernée depuis un demi-siècle par l'existence d'organismes officiels et d'entreprises privées dont la fonction est *la transformation systématique du progrès scientifique et technique en progrès militaire* dans la limite, souvent élastique, des capacités économiques des pays concernés.

Il serait impossible de discuter ce sujet, encore moins d'en faire l'histoire d'une façon un tant soit peu systématique, dans le cadre d'un traité de mathématiques, sauf à y ajouter des volumes supplémentaires. On peut toutefois, en quelques dizaines de pages, en donner une idée et, en particulier, montrer que la question et le sujet existent. Dans une France où les discussions sur les relations entre Science et Défense [2] sont dominées depuis des décennies par un épais "consensus", la chose à dire à la jeunesse est que *l'une, des formes de la liberté, intellectuelle, est de ne pas se laisser dominer par les idées dominantes*.

Je me suis donc décidé à écrire un texte où l'on trouvera d'une part une discussion sur le thème "mathématiques pures *versus* mathématiques appliquées" inspirée (il vaudrait mieux dire provoquée) par les récents mémoires de Laurent Schwartz [3], d'autre

[2] Titre d'une association fondée en 1983 par Charles Hernu, à l'époque ministre socialiste des Armées et futur héros de l'affaire Greenpeace. Patronnée par la *Délégation Ministérielle pour l'Armement* (DMA), l'association organise chaque année un congrès où, pendant deux jours, des ingénieurs et scientifiques présentent des rapports sur les problèmes techniques de l'armement et les sciences connexes. Des centaines d'auditeurs y assistent : militaires, ingénieurs, industriels, scientifiques et, inévitablement, des politologues et métaphysiciens de la stratégie chargés de la propagande et de l'idéologie. La France est, à ma connaissance, le seul pays où ce que nombre d'historiens américains appellent maintenant le *scientific-military-industrial complex* (SMIC, complexe scientifico-militaro-industriel) ose s'exhiber aussi publiquement et sans provoquer la moindre contestation.

[3] Il va de soi que mes divergences de vue avec Schwartz ne sont motivées par aucun conflit sur le plan personnel. Schwartz et moi avons été beaucoup plus que des collègues pendant une trentaine d'années à Nancy puis à Paris et nos options politiques, sur la guerre d'Algérie notamment, ont souvent été les mêmes. Nos voies ont divergé à partir du début des années 1970 lorsqu'il a abandonné l'université pour se consacrer à l'Ecole polytechnique et lorsque j'ai en partie abandonné les mathématiques pour me reconvertir au domaine qui fait l'objet du texte terminant le volume II.

part des considérations diverses et forcément schématiques ou partielles sur le problème général ; je me suis limité essentiellement à quelques questions relatives à la période postérieure à 1945. Je n'ai pas craint de mentionner bon nombre de références bibliographiques importantes – il y en a cent fois plus – qui permettront à ceux qui le désirent de compléter, de vérifier ou de discuter ce texte. Je n'ai pas le naïf espoir qu'un étudiant de vingt ans qui apprend les mathématiques pourrait se plonger dans cet océan de littérature [4] ; ce ne serait même pas un très bon service à lui rendre que de l'y encourager. Mais ce texte trouvera peut-être des lecteurs moins jeunes n'ayant plus d'examens à subir ou de concours à réussir.

[4] II faudrait déjà pouvoir la trouver dans les bibliothèques, universitaires ou autres, accessibles aux étudiants français ; vaste programme. Au centre Jussieu, à Paris, la section “Science et Société” de la bibliothèque, que j'ai fait créer il y a 25 ans, contient la plupart des livres cités et quelques milliers d'autres, y compris dans des domaines différents ; on peut aussi en trouver à la bibliothèque de recherche de La Villette. Pour les titres plus spécifiquement politiques, la Fondation nationale des sciences politiques est, à Paris, la seule source à peu près complète.

En ce qui concerne l'état des bibliothèques universitaires (BU) accessibles aux étudiants français, citons quelques chiffres anciens (la situation ne s'est sûrement pas renversée depuis lors) extraits d'un article de François Reitel, doyen de la Faculté des Lettres de Metz (*Le Débat* n°51, 1988), comparant les situations française et allemande en 1986. Si l'on considère les 24 universités françaises et les 28 universités allemandes créées depuis 1960, on constate que les BU françaises possèdent au total 1 869 000 volumes et les allemandes 29 843 000. En 1986, les BU (récentes ou non) allemandes ont acquis cinq fois plus de livres que les françaises. Il y a en France trois BU possédant au moins un million de volumes (dont la Sorbonne et Sainte Geneviève, trois millions chacune, avec dix à treize millions de volumes pour les treize universités parisiennes), et trente et une en Allemagne. Les étudiants de Metz, nous dit M. Reitel, sont des privilégiés : ils peuvent compléter les 117 000 volumes de Metz par les 1 403 000 volumes de la BU voisine de Sarrebrück, où ils disposent du prêt gratuit.

Des comparaisons avec les États-Unis seraient si possible encore plus éloquentes. En 1975 déjà, il existait aux USA 79 BU possédant au moins un million de volumes, dont 25 dépassant deux millions, 14 dépassant trois millions et 8 dépassant quatre millions d'après les statistiques historiques de H. Edelman et G. M. Tatum, *The Development of Collections in American University Libraries* (College and Research Libraries, mai 1976). Harvard dépasse les deux millions dès 1920. Il faudrait y ajouter d'énormes bibliothèques municipales.

Pour ne pas encombrer l'entrée de ce livre par un discours non mathématique, j'ai préféré le rejeter à la fin du volume II. Il y sera à sa place puisqu'il part des idées divergentes de Fourier et de Jacobi sur les mathématiques.

Les nombreuses citations et références en anglais que l'on trouvera dans ce livre, et particulièrement dans le texte qui termine le volume II, ont pour but d'encourager le lecteur à utiliser une langue absolument indispensable si l'on veut s'instruire ou s'informer dans quelque domaine que ce soit. Pour des raisons démographiques évidentes, le français ne couvre qu'une faible proportion de la littérature occidentale, et pas plus de 3 % (technologie) à 7 % (mathématiques) dans les sciences au plan mondial. Lire l'anglais courant décuple les sources d'information et, en particulier, donne souvent accès à des ouvrages rarement traduits en français et dont le niveau de qualité n'existe pas en France parce que les productions françaises ne peuvent évidemment pas être de niveau maximum dans tous les micro-domaines de l'activité intellectuelle. Lorsque j'ai commencé à faire des mathématiques sérieusement à un âge où les langues étaient le cadet de mes soucis, j'ai dû lire non seulement de l'anglais, mais aussi et au moins autant de l'allemand et même du russe, langues que j'ignorais ; elles sont moins indispensables aujourd'hui qu'il y a un demi-siècle puisque l'usage de l'anglais se répand partout non seulement en raison de la prépondérance de l'Amérique, mais aussi en raison de la simplicité de l'anglais comparé à l'allemand, au russe depuis longtemps traduit en anglais, au japonais, etc. Mes lectures dans le secteur "science et défense" sont en anglais à 95 % même lorsqu'elles ne sont pas dues à des auteurs anglophones ; dans ce secteur, le domaine français commence à peine à naître (Dominique Pestre, Pierre Mounier-Kuhn, Girolamo Ramunni, etc.)

On n'est pas pour autant obligé d'apprécier la violence du cinéma ou la barbarie de certaines musiques que produit l'Amérique ; les Américains ne diffusent pas ces productions : ils les vendent et trouvent des acheteurs (ou imitateurs) indigènes trop heureux de faire

de l'argent en les diffusant à leur place dans un public jeune et le plus souvent inculte. Au demeurant, comment la Télévision remplirait-elle ses heures de programmes, comment les salles de cinéma pourraient-elles fonctionner, sans les productions américaines ? II n'y a pas assez de main d'œuvre en France pour substituer des médiocrités françaises aux médiocrités américaines ; et aucun pays n'est capable de produire chaque jour un nouveau Macbeth ou un nouveau Bartok. On diffuse donc ce qui est disponible, ou l'on invente des "jeux" bêtifiants…

On n'est pas non plus obligé d'apprécier la conception darwinienne des rapports économiques et sociaux qui, grâce à l'emploi de technologies directement sorties de la guerre froide et de la course aux armements, est en train de se répandre sous le nom de "mondialisation" : l'extension à la planète d'un système économique fondé sur les principes d'Adam Smith (1776) assimilés de travers par les "barons voleurs" qui, à la fin du XIXe siècle, ont édifié les grandes entreprises capitalistes américaines, et un peu revus et codifiés par la suite. Il est maintenant interdit de tirer sur les grévistes mais non de domestiquer les syndicats, de licencier des milliers d'employés pour améliorer la "compétitivité" des entreprises, d'exploiter en échange la main d'œuvre à bas prix des pays non développés, de pousser au démantèlement de systèmes de protection sociale européens obtenus après un siècle de luttes mais jugés "trop coûteux" – ou trop à gauche ? – par les anciens élèves de la *Harvard Business School* et de ses imitations, d'emporter les marchés publics en distribuant des chèques à des partis politiques ou, dans le Tiers-Monde, à des gangsters au pouvoir, d'inonder celui-ci de machines à tuer sous prétexte d'en abaisser le coût unitaire pour les pays qui les produisent, etc. C'est le règne de l'argent, dont le slogan a été lancé il y a cent cinquante ans par un célèbre ministre français : « *Enrichissez-vous !* » Si vous le pouvez…

Cela dit, l'Amérique possède, notamment dans ses universités, une classe intellectuelle à ne pas confondre globalement avec les porte-parole des seigneurs de la guerre froide ou des opérateurs de Wall

Street. En particulier, personne en France, n'a de près ou de loin mis en évidence l'influence militaire sur le développement scientifique et technique depuis 1940 comme le font, depuis un quart de siècle et à l'aide d'une documentation massive, nombre d'historiens américains, notamment de la jeune génération. C'est, en ne lisant que les auteurs français actuels et *a fortiori* en ne lisant que votre journal quotidien que vous vous laisserez dominer par les idées dominantes.

Il va de soi enfin que les informations et opinions que j'exprime sont de ma pleine et entière responsabilité. *Elles n'engagent à aucun degré l'éditeur Springer-Verlag*. Il se trouvera probablement des gens pour reprocher à mon éditeur de ne m'avoir pas censuré. Étant mal placé pour le faire à leur place, je préfère, quant à moi, le remercier chaleureusement de m'avoir laissé la liberté de m'exprimer. C'est une attitude que je n'aurais sûrement pas rencontrée partout et que j'apprécie à sa juste valeur.

La rédaction de la postface a été terminée au moment où ma femme se débattait entre la vie et la mort. Je l'avais aperçue le 1er octobre 1938 en entrant en classe de Mathématiques élémentaires au lycée de garçons du Havre : le lycée de jeunes filles ne proposait à ses protégées qu'une classe de Philosophie. Nous avions dix-sept ans, j'avais un visage boutonneux, des allures de paysan avec mon costume trois pièces mal coupé, l'accent correspondant et j'apprenais l'analyse – celle que j'expose dans ces livres à quelques détails près – grâce à la bibliothèque municipale du Havre, celle dont parle Sartre dans *La nausée*, avec son autodidacte qui la lisait par ordre alphabétique d'auteurs ; j'ai, quant à moi, commencé par Baire… Mon père était employé aux écritures sous un hangar du port du Havre ; le père de Sonia, qui venait parfois la chercher au lycée dans son immense Vivaquatre Renault, y dirigeait, lui, la succursale locale d'une grande entreprise de transit. Elle était toujours sobrement élégante ; son père, juif russe émigré en 1905 et quasiment boycotté par la *society* indigène, lui avait transmis un visage ovale vaguement mongol, un regard d'une merveilleuse douceur et des formes "pneumatiques" comme nous le découvrîmes plus tard en lisant

Brave New World [le roman de science-fiction d'Aldous Huxley, *Le meilleur des mondes*, 1935. NdE]. Son caractère, égal et joyeux, n'en était pas moins fort indépendant : elle s'était révoltée contre une ou deux vieilles filles qui, au lycée de jeunes filles, avaient tenté de la normaliser [5] et s'était retrouvée pour deux ans dans une pension fort chic à la campagne. Elle allait l'été chez sa sœur, mariée à un ingénieur polonais à Gdansk, ou apprendre l'allemand à Heidelberg, sans que ses parents s'effraient devant la perspective de laisser leur fille de seize ou dix-sept ans voyager seule en chemin de fer sur de si longues distances.

Bref, je fus instantanément amoureux de Sonia, bien évidemment sans me déclarer ; mais cela devait se voir. C'est seulement après cinq ans d'amitié que nous reconnûmes la réalité ; je sortais de l'École normale avec l'agrégation. Son père, arrêté en 1942, transportait alors des brouettes de ciment pour construire le mur de l'Atlantique, la déportation en Allemagne lui ayant été épargnée par le catholicisme de naissance de sa femme, blonde aryenne aux yeux bleus portant un nom flamand ; Sonia n'avait pas hésité à franchir en fraude la frontière belge pour aller chercher l'indispensable certificat de baptême de sa mère. Nous décidâmes de vivre ensemble, tout au moins lorsque nous étions à Paris – ce n'était pas si courant à cette époque – et d'attendre le retour de son père pour nous marier. Elle subit en septembre 1944 le siège du Havre auprès de sa mère ; j'étais alors à dix kilomètres de là chez mes parents, entre les lignes allemandes et alliées, et, pendant une semaine, observai chaque jour les monstres quadrimoteurs britanniques tournoyant à basse altitude après avoir lâché des milliers de tonnes de bombes d'abord sur la

---

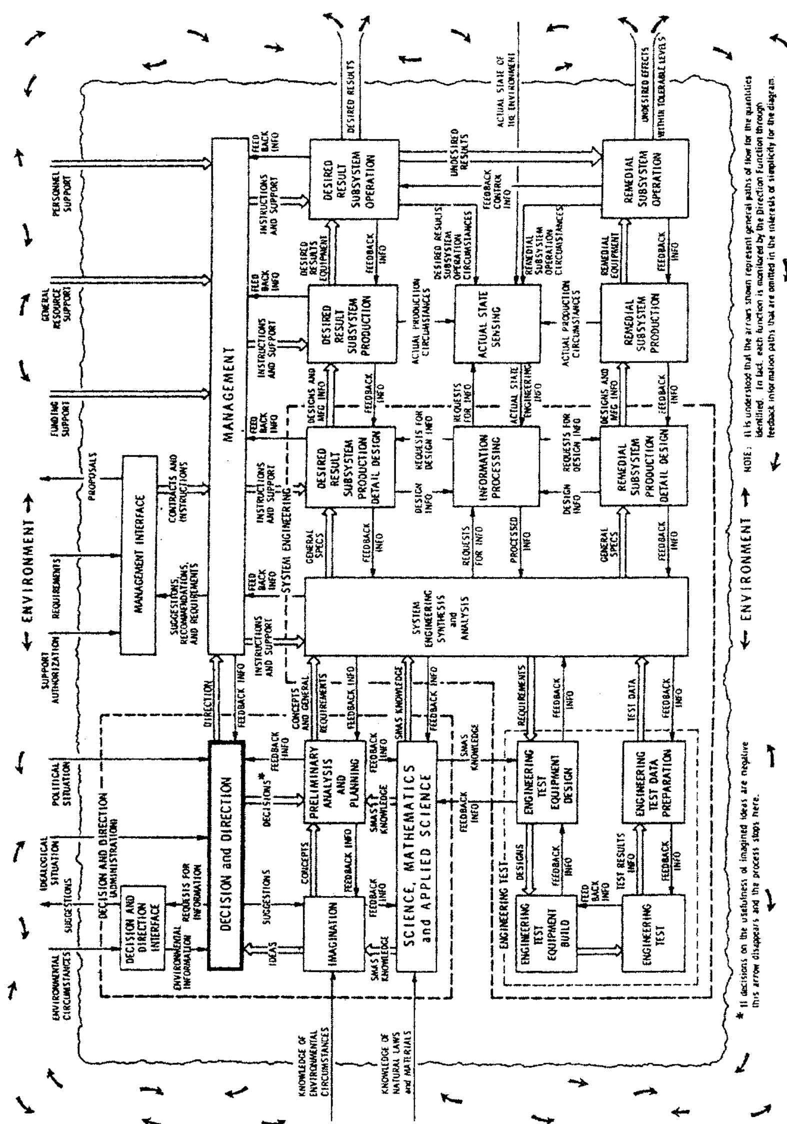
[5] Étant entrée en octobre 1940 en Mathématiques spéciales au lycée (de jeunes filles) Fénelon à Paris, elle fut convoquée un jour par la directrice qui lui déclara que l'État ne lui versait pas une bourse d'études pour qu'elle porte des bas de soie et du rouge à lèvres. La coupable répondit qu'il y avait erreur : elle n'était pas boursière et, à cette époque, ses parents, sans être millionnaires, finançaient encore bien volontiers ses bas de soie et son rouge à lèvres. Elle décida un peu plus tard de quitter Fénelon, renonça à préparer le concours de l'École normale supérieure de jeunes filles de Sèvres et s'inscrivit à l'université ; on n'y inspectait pas les élèves à l'entrée.

ville, puis sur les défenses allemandes – elles n'en souffrirent guère – à la périphérie de celle-ci ; Sonia et sa mère en furent quitte pour la peur, à la différence de quelques milliers d'autres havrais. Puis son père revint à pied du nord de la France dans un état qu'il n'est pas indispensable de décrire. Nous nous mariâmes à la fin d'octobre. Elle aurait pu trouver de bien meilleurs partis…

Quelques jours avant de s'éteindre, elle m'a dit, en parlant de mon livre : « *Roger, je suis fière de toi* », ce qui n'était fort heureusement pas dans ses habitudes. Je lui ai répondu : « *Attends de voir le résultat avant de te prononcer*. » Elle ne le verra pas et je ne sais trop ce qu'elle en aurait pensé. Je le dédie néanmoins à sa mémoire.

Roger Godement

Extrait de la Préface à
Analyse Mathématique,
éd. Springer, 1997



Extrait de C. Stark Draper, "Critical Systems and Technologies for the Future", in *International Cooperation in Space Operations and Exploration*, vol. 27, Science and Technology, 1971 (American Astronautical Society).

1. Comment détourner un mineur

En 1950-1951, Edward Teller, qui cherchait depuis 1942 à découvrir le principe de la bombe H et va le trouver finalement au printemps 1951 grâce aux calculs et à une idée physique nouvelle du mathématicien Stanislas Ulam, estime que le laboratoire de Los Alamos où l'on développe ce genre d'engins ne montre pas suffisamment d'enthousiasme ; on a même refusé de lui confier la direction du projet. Appuyé par Ernest Lawrence, il réclame et finalement obtient la création en 1952 à Livermore, près de Berkeley, d'un laboratoire concurrent. Lawrence, prix Nobel, avait inventé le cyclotron et la *Big Science* dans les années 1930 ; il avait, pendant la guerre, lancé et dirigé un procédé électromagnétique de séparation isotopique qui, pour un demi milliard de dollars, avait permis l'enrichissement final, à plus de 80 %, des 60kg d'uranium de la très primitive bombe d'Hiroshima [6] ; enfin il avait participé aux discussions de 1945 concernant l'utilisation des premières bombes atomiques disponibles, recommandé alors la poursuite d'un programme abondamment financé de recherche et de développement en physique nucléaire (théorie, applications militaires et civiles) et de production des armes [7] et, fin 1949, appuyé à fond le lancement du programme

[6] Graham T. Allison et autres, *Avoiding Nuclear Anarchy* (MIT Press, 1996), Appendix B, où l'on apprendra, en langage non technique, les principes de base des bombes A et H.

[7] Sur Teller, voir Barton J. Bernstein dans *Technology and Culture* (vol. 31, 1990, pp. 846-861). Sur le développement de la bombe H, Herbert York, *The Advisors. Oppenheimer, Teller, and the Superbomb* (Freeman, 1976), Stanislas Ulam, *Adventures of a Mathematician* (Scribners's, 1976) et surtout Richard Rhodes, *Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb* (Simon & Schuster, 1995), chap. 23. Sur Lawrence avant la guerre, J. L. Heilbron & Robert Seidel, *Lawrence and his Laboratory 1929-1941*

thermonucléaire. C'est cet organisateur hors pair et ultra influent que l'*Atomic Energy Commission* (AEC), le CEA américain, charge de lancer le nouveau centre de développement des « armes de génocide ». Il faut un directeur à ce qu'on appelle aujourd'hui le *Lawrence Livermore Laboratory* et Lawrence choisit l'un de ses assistants, Herbert York qui, après quelques années à Livermore, sera à la fin de la décennie à la tête de toute la recherche-développement [8] (R&D) militaire américaine. Obligé de diminuer ses activités pour raison de santé, York se retranche dans une université californienne, participe à des négociations et colloques sur le contrôle des armements et, à partir de 1970, écrit de nombreux articles et livres [9] sur la course aux armements dont l'absurdité et les dangers lui apparaissent de plus en plus clairement.

En particulier, York publie en 1976 un petit livre sur les discussions qui, à la suite de la première explosion atomique soviétique d'août 1949, eurent lieu à la fin de l'année quant à l'opportunité de lancer un programme massif de développement de la bombe H. Son livre reproduit en appendice l'intégralité du rapport, maintenant public, dans lequel le *General Advisory Committee* (GAC) [10], comité consultatif de l'AEC, déconseillait cette

---

(University of California Press, 1989). Sur Lawrence en 1945, Richard Rhodes, *The Making of the Atomic Bomb* (Simon & Schuster, 1988), p. 643, et Martin Sherwin, *A World Destroyed* (Knopf, 1975), appendice, p. 298.

[8] Expression désignant l'ensemble des activités de recherche scientifique et technique. On distingue la recherche de base ou fondamentale, sans but pratique, la recherche appliquée, orientée vers la résolution de problèmes techniques, enfin le développement beaucoup plus coûteux : conception du schéma technique détaillé, production et essais d'un prototype industrialisable. Les distinctions ne sont pas toujours très claires.

[9] Particulièrement *Race to Oblivion* (Simon & Schuster, 1970), *The Advisors : Oppenheimer, Teller, and the Superbomb* (Freeman, 1976), *Making Weapons, Talking Peace* (Basic Books, 1988), ses mémoires.

[10] Le GAC, présidé par Oppenheimer, était composé de quelques scientifiques (L. A. DuBridge, James B. Conant, E. Fermi, I. I. Rabi, Cyril Stanley Smyth), d'Oliver E. Buckley, président des Bell Labs, le plus grand laboratoire de recherche industrielle du monde (AT&T) où l'on vient de découvrir les transistors, et de Hartley Rowe,

décision pour des raisons d'ordre pratique et éthique. Truman la prit quand même à la fin de janvier 1950 sous l'influence de quelques dirigeants de l'AEC, de l'État-Major, des durs du Sénat et d'autres physiciens, dont Teller, von Neumann, Lawrence et Luis Alvarez, inventeur des accélérateurs linéaires et futur prix Nobel qui avait observé l'explosion de la bombe d'Hiroshima à bord d'un avion d'accompagnement. L'affaire Fuchs révélant au début de février que le physicien ex-allemand a transmis aux Soviétiques non seulement l'essentiel des données concernant la bombe A mais aussi l'état des connaissances, à la date d'avril 1946, sur la future bombe H – il a pris sur le sujet un brevet en commun avec von Neumann ! –, Truman ordonne la production de celle-ci en mars 1950 avant même qu'on en ait découvert le principe.

York en profite pour nous révéler avec une rare franchise (p. 126 de *The Advisors*) les raisons qui, alors qu'il venait d'obtenir son doctorat, le poussèrent à participer au projet en 1950 après le déclenchement de la guerre de Corée, laquelle fit changer d'avis certains des principaux opposants au projet [11], notamment Fermi et

---

ingénieur et vice président de la United Fruit Co. qui, pendant la guerre, avait notamment supervisé les activités industrielles de l'AEC. Au procès Oppenheimer, Rowe déclarera qu'il était radicalement opposé à la bombe H parce que « *I can't see why any people can go from one engine of destruction to another, each of them a thousand times greater in potential destruction, and still retain any normal perspective in regard to their relationships with other countries and also in relationship with peace… I don't like to see women and children killed wholesale because the main element of the human race are so stupid that they can't get out of war and keep ont of war.* »

[11] Tout le monde, à l'Ouest, croyait ou prétendait à l'époque que la guerre de Corée (juin 1950 - juillet 1953) serait suivie d'une opération analogue visant à unifier l'Allemagne. Pareille initiative aurait, évidemment déclenché une Troisième guerre mondiale alors que l'URSS avait subi en 1941-1945 des pertes humaines et matérielles énormes dont elle était loin d'être relevée. En fait, personne, à l'Est, ne s'attendait à l'ampleur de la réaction américaine en Corée et c'est celle-ci puis l'intervention chinoise qui auraient fort bien pu transformer un conflit local en conflit généralisé, notamment si Truman avait accepté, comme le demandait le général MacArthur, de bombarder les bases militaires chinoises et soviétiques proches de la Corée. Ce fut l'une des initiatives les plus brillantes du « camp socialiste » : outre deux ou trois

Bethe. Il y avait d'abord « *l'intensification de la guerre froide* » sur laquelle, nous dit-il, Lawrence insistait constamment. Il y avait ensuite « *le défi scientifique et technologique de l'expérience* » elle-même : on n'a pas tous les jours l'occasion de libérer pour la première fois l'équivalent de dix millions de tonnes de TNT. Il y avait enfin :

> « Ma découverte du fait que Teller, Bethe, Fermi, von Neumann, Wheeler, Gamow et d'autres étaient à Los Alamos et occupés à ce projet. Ils étaient parmi les plus grands hommes de la science contemporaine, ils étaient les héros légendaires mais vivants des jeunes physiciens comme moi et j'étais grandement attiré par l'occasion de travailler avec eux et de les connaître personnellement. En outre, je n'étais pas autorisé à consulter les comptes-rendus des délibérations du *General Advisory Committee* et je ne savais rien des arguments opposés à la superbombe, sauf ce que j'en apprenais de seconde main de Teller ou Lawrence qui, évidemment, considéraient ces arguments comme faux et idiots (*foolish*). J'ai vu pour la première fois le rapport du GAC en 1974, un quart de siècle plus tard ! »

En moins d'une page, ce texte vous explique comment, dans le milieu scientifique, on peut procéder à l'équivalent d'un détournement de mineur : l'ennemi menace, vous dit-on, le problème scientifique est passionnant, de grands hommes que vous admirez donnent l'exemple, les arguments d'autres grands hommes opposés au projet mais que vous ne connaissez pas personnellement sont *top secret*, les grands hommes qui sont en train de vous séduire se gardent bien de vous éclairer honnêtement à ce sujet, enfin vous pourrez toujours consulter les documents officiels dans vingt-cinq ou

---

millions de Coréens morts pour rien et la première occasion pour les Américains d'envisager sérieusement un recours aux armes atomiques – quelques experts s'y rendent à la fin de 1950 pour examiner la possibilité d'y utiliser les nouvelles armes « tactiques » –, elle précipita le triplement du budget militaire américain (10 à 12 % du PNB au lieu de 4 %) préconisé depuis le printemps 1950 et donna le grand départ à une course aux armements beaucoup plus coûteuse pour l'URSS que pour les USA dont les capacités industrielles étaient, dans les domaines cruciaux, de quatre à dix fois celles de l'URSS d'après le célèbre rapport NSC-68 du *National Security Council* d'avril 1950.

trente ans [12] si vous êtes américain, dans soixante au moins si vous êtes français ou anglais et peut-être après la chute du régime si vous êtes soviétique. Le projet auquel vous avez coopéré sera alors réalisé depuis belle lurette, ses justifications auront peut-être radicalement changé dans l'intervalle et, si vous n'êtes pas encore mort, vos commentaires à retardement [13] n'auront plus le moindre effet.

L'aventure de York, qui est loin d'être unique, constitue certes un cas extrêmement extrême ; je la cite et en citerai d'autres parce que les cas extrêmes ont le mérite d'être extrêmement clairs. Dans la pratique courante, un scientifique ne peut guère apporter qu'un petit perfectionnement à l'une des nombreuses composantes d'un système d'armes. Cela ne pose pas de problèmes éthiques, stratégiques ou politiques aussi énormes et visibles que le développement de la bombe H ; mais la tâche des confusionnistes, mystificateurs ou

---

[12] L'enregistrement magnétique des trois jours de discussion entre les participants a été, selon l'un d'eux, délibérément détruit peu de temps après. Jeremy Bernstein, *Physicist. A profile of Isidor Rabi* (The New Yorker, 20 octobre 1975), p. 72.

[13] York, *The Advisors,* montre que l'Amérique de l'époque, possédant déjà un stock considérable (298 à la fin de 1950 contre 5 en URSS selon Rhodes, *Dark Sun)* et rapidement croissant de bombes A – on quadruple les capacités de production au début des années 1950 –, aurait pu sans dommage pour sa sécurité attendre la première expérience thermonucléaire soviétique avant de lancer à fond son propre programme. C'est essentiellement ce que disait le rapport du GAC d'octobre 1949.

Dans ses *Mémoires* (éd. du Seuil, 1990, trad. de l'édition américaine parue chez Knopf la même année), pp. 116-120 et particulièrement 118, Sakharov déclare que les membres du GAC étaient naïfs de croire qu'en s'abstenant de lancer le projet thermonucléaire, Truman aurait incité Staline à faire de même et que c'est Teller qui avait raison pour les USA, comme Sakharov lui-même pour l'URSS ; bel exemple de solidarité qui n'empêche pas Sakharov de déplorer les catastrophiques conséquences potentielles de la course aux armements. En fait, les naïfs membres du GAC avaient recommandé d'intensifier au maximum les capacités de production ou de développement des bombes A – on atteindra 500 KT en 1952 –, du deutérium et du tritium, des bombes "dopées" dont la puissance approchera la mégatonne et des armes "tactiques" qui, en cas de bataille terrestre, auraient dévasté l'Europe ; ils ne s'opposaient qu'au développement d'engins de puissance potentiellement illimitée.

corrupteurs chargés de neutraliser vos objections n'en est que plus facile.

Plus simplement, on peut vous proposer un problème limité, étude théorique ou résolution numérique d'équations différentielles par exemple, sans en mentionner la finalité militaire ; cela s'est vu – précisément à propos de la future bombe H – dès que le premier calculateur électronique américain, l'ENIAC d'Eckert et Mauchly, fut opérationnel [14] en novembre 1945. Le secret militaire ne peut que conduire à des situations de ce genre et, de toute façon, le directeur d'une équipe de recherche bénéficiant de contrats militaires ou autres n'est aucunement obligé d'en faire connaître la finalité à son personnel. Les Américains disent que leur pays est « *a Paradise, full of rattlesnakes* » ; ce n'est pas le seul. On pourrait en dire autant des très nombreux domaines scientifiques qui, des mathématiques à l'océanographie, ont depuis 1945 obtenu, aux États-Unis et ailleurs, les faveurs des gouvernants en raison de leurs applications militaires directes ou potentielles.

---

[14] Voir Herman H. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann* (Princeton UP, 1972), p. 226 qui, désirant lui aussi mystifier ses lecteurs, parle d'un "calcul d'hydrodynamique" sans autre précision. Les Soviétiques furent informés par Fuchs avant les servants de l'ENIAC qui enfournaient des milliers de cartes perforées dans la machine. Plus comique encore, la méthode envisagée à l'époque aurait conduit les Soviétiques, comme les Américains, dans une voie sans issue. Voir Rhodes, *Dark Sun* et David Holloway, *Stalin and the Bomb. The Soviet Union and Atomic Energy 1939-1956* (Yale UP, 1994), pp. 310-11.

2. Les mathématiques appliquées aux États-Unis

Dans le divertissant chapitre de ses mémoires qu'il consacre à son enseignement à l'Ecole polytechnique, Laurent Schwartz accuse (p. 355 et 173) les mathématiciens purs français et particulièrement les membres du groupe Bourbaki d'avoir fait preuve « d'ostracisme » à l'égard de leurs collègues des mathématiques appliquées. Il nous assène que « *tout mathématicien doit se soucier des applications de ce qu'il fait* » sans, apparemment, se rendre compte de l'ambiguïté de sa formule : se soucier peut aussi bien signifier choisir, refuser ou dénoncer mais ce n'est manifestement pas ce que suggère Schwartz. Il ne nous fourni ni le moindre commencement de justification de son impératif catégorique ni la moindre discussion des problèmes qu'il pourrait soulever, ni le moindre aperçu des applications, fort variées, des mathématiques ; le fait que le mathématiques appliquées « *connaissaient un puissant essor aux États-Unis et en URSS notamment* » suffit apparemment à tout justifier sans qu'il soit nécessaire de faire comprendre au lecteur les raisons de ce curieux développement chez les deux *leaders* de la course aux armements.

Le développement des mathématiques appliquées aux USA [15] qui inspirait tant Laurent Schwartz n'est pas très difficile à expliquer. Il faut d'abord noter qu'avant la guerre, aux USA comme ailleurs, ce sont les mathématiques pures qui dominent dans les universités et que les utilisateurs n'ont en général aucun besoin de professionnels

[15] Voir notamment Amy Dahan-Dalmedico, "L'essor des mathématiques appliquée aux États-Unis : l'impact de la seconde guerre mondiale", *Revue d'histoire de mathématiques* n°2, 1996, pp. 149-213. Le cas de l'URSS est probablement fort semblable, voire même encore plus tourné vers l'armement, mais n'a, à ma connaissance, fait l'objet d'aucune étude un tant soit peu précise.

des mathématiques : les ingénieurs et scientifiques résolvent eux-mêmes leurs problèmes, *General Electric* et surtout le *Bell Labs* de *AT&T*, qui utilisent quelques diplômés en mathématiques, constituant les principales exceptions dans l'industrie. La situation commence à changer dans quelques centres grâce à des réfugiés européens soit, cas des Allemands, congédiés en raison de la religion de leurs grand'mères (Fritz Haber *dixit*) soit, cas des juifs hongrois, polonais, etc. préférant quitter l'Europe avant de passer sous la coupe des Nazis. Richard Courant, Kurt Friedrichs et Hans Lewy par exemple apportent à très petite échelle à la *New York University* la tradition fondée au début du siècle par Félix Klein à Göttingen (voir plus loin) ; il s'agit probablement moins de mathématiques appliquées au sens actuel que de celles, souvent, fort « modernes », que l'on trouve dans les célèbres *Methoden der Mathematischen Physik* de Courant et Hilbert. En 1937 on crée au laboratoire de recherches balistiques du centre d'essais de l'armée à Aberdeen (Maryland) un comité scientifique (Goldstine, pp. 72-83) auquel participent von Neumann et von Karman, ancien élève de Prandtl à Göttingen avant 1914, arrivé au *CalTech* en 1929 où il dirige un institut de mécanique des fluides et d'aérodynamique plus tard fort célèbre ; von Karman deviendra en 1944 le principal conseiller scientifique de l'Air Force et, à ce titre, annoncera dans un rapport célèbre le futur mariage des missiles et de la bombe atomique.

C'est la guerre qui fait fleurir les mathématiques appliquées dans toutes sortes de domaines et y convertit provisoirement la quasi totalité des mathématiciens disponibles : ondes de choc, « *surface waves in water of variable depth* », calculs « hydrodynamiques » pour les bombes atomiques, dynamique des gaz, optimisation statistique des bombardements aériens, tir contre avions, recherche opérationnelle, etc. Certains mathématiciens de l'industrie commencent à dire (Thornton C. Fry, *Bell Labs*, 1941) que les mathématiques « pures » ou « supérieures » ne sont, après tout, que des branches des mathématiques appliquées qui n'ont pas encore trouvé un vaste champ d'applications « *and hence have not as yet, so*

to speak, emerged from obscurity » [16]. On trouve dans les publications mathématiques standard des généralités passablement abstraites sur leurs applications pratiques, mais fort peu de détails précis et concrets.

En attendant des historiens professionnels qui exploiteront les archives plutôt que des articles trop courts et trop flous dus à des mathématiciens trop discrets ou trop occupés, la chance peut fournir des détails, parfois dans des sources que ceux-ci ne fréquentent pas. Les bombardements de 1945 sur les villes japonaises (et beaucoup plus tôt sur les villes allemandes) posent le problème de déterminer les proportions de bombes explosives et incendiaires susceptibles de maximiser les dégâts : les explosifs « ouvrent » les maisons que l'on incendie ensuite globalement, l'énorme appel d'air crée par un brasier de plusieurs km^2 laissant peu d'espoir aux habitants qui tentent de fuir l'incendie. On fait alors appel, pour le Japon, aux services d'une équipe dirigée par un statisticien de Berkeley, Jerzy Neyman, qui applique à ce problème et à d'autres des méthodes qui le rendront célèbre après la guerre [17].

En 1943, Richard Courant, s'appuyant sur la méthode d'approximation qu'il a utilisée en 1928 avec Friedrichs et Lewy pour établir l'existence de solutions d'équations aux dérivées partielles,

[16] Cela prend parfois longtemps. Il a fallu plus de trois siècles pour passer de l'obscur « petit » théorème de Fermat sur les nombres premiers à la cryptologie à clé publique. La relation d'Euler entre exponentielles complexes et fonctions trigonométriques (ca. 1730) apparaît en électrotechnique à la fin du XIXe siècle. Les espaces de Riemann sont inventés soixante ans, et le calcul tensoriel des Italiens trente ans, avant la Relativité générale. Les nombres et fonctions algébriques, les fonctions automorphes du siècle dernier n'ont pas encore, semble-t-il, « émergé de l'obscurité » bien que continuant à être l'objet de recherches très actives, mais tout espoir n'est pas perdu.

[17] A. Schaffer, *Wings of Judgment. American Bombing in World War II* (Oxford UP, 1986), p. 156 cite une lettre (janvier 1945) de Neyman au National Defense Research Committee (NDRC) : « *You must be aware of the fact that the problem of IB-HE is very interesting to me and I would be delighted to continue the work on it for your group* » (IB = incendiary bombs, HE = high explosives, *id est* bombes classiques). Neyman n'en aura pas moins des ennuis sérieux à cause de son opposition à la guerre du Vietnam : le Pentagone lui supprime ses contrats ce qui scandalise la corporation.

explique à Hans Bethe, chef de la physique théorique à Los Alamos, comment calculer numériquement le comportement d'une sphère de plutonium comprimée par une onde de choc convergente (Nagasaki) ; de cette technique fortement poussée par von Neumann sortira l'intérêt de celui-ci pour le premier calculateur électronique qu'il rencontrera l'année suivante, l'ENIAC ; c'est pour ce calcul que l'on a déjà commandé en 1943 des machines IBM à cartes perforées incomparablement moins rapides. Au printemps 1945, von Neumann, au *Target Committee* chargé de choisir les objectifs des premières armes atomiques disponibles, calcule l'altitude à laquelle faire exploser les bombes d'Hiroshima et Nagasaki pour en « optimiser » les effets, c'est-à-dire pour maximiser les destructions et le nombre de victimes [18]. Il y eut sûrement beaucoup d'applications plus élégantes mais, encore une fois, les « détails » manquent dans la plupart des cas.

Et tant qu'à célébrer les mathématiques appliquées de cette époque, on pourrait aussi examiner ce qui se passait dans un pays que l'on oublie si souvent de citer : l'Allemagne qui, dans certains domaines, est fort en avance sur ses ennemis. L'arrivée au pouvoir des Nazis ouvre les vannes de la finance en aérodynamique : à Göttingen, l'effectif passe chez Prandtl de 80 à 700 personnes entre 1933 et 1939. Mais un autre effet du nazisme est de détériorer les mathématiques et la physique (entre autres) et pas seulement en expulsant les scientifiques juifs : l'effectif des étudiants diminue de 90 % à Göttingen en quelques années, l'idéologie au pouvoir leur offrant probablement des perspectives plus viriles, encore que d'aucuns propagent dans les lycées une image quasi-militaire des mathématiques : ordre et discipline, force de caractère et volonté. Comme en 1914, les scientifiques sont d'abord mobilisés comme tout

[18] Voir N. Metropolis et E. C. Nelson, "Early Computing at Los Alamos" *(Annals of the History of Computing,* oct. 1982), l'introduction par Hans Bethe à S. Fernbach et A. Taub, eds, *Computers and their Role in Physical Sciences* (Gordon & Breach, 1970) et Sherwin, *A World Destroyed,* notamment pp. 228-231. Noter que la bombe de Nagasaki explosa a près d'un km du point prévu, ce qui, dans ce cas, relativise l'utilité des mathématiques appliquées.

le monde, de sorte que, aéronautique et balistique mises à part, la recherche militaire sérieuse ne commence guère avant l'hiver 1941-1942, lorsque le mythe de la *Blitzkrieg* est pour le moins ébréché. Au surplus, l'Allemagne nazie, conglomérat de féodalités administratives qui se font la guerre pour le pouvoir, manque d'une coordination centrale de la R&D à l'américaine, et le niveau intellectuel de ses dirigeants laisse à désirer…

On finit néanmoins par mobiliser à retardement, souvent à l'insistance des mathématiciens eux-mêmes, la plus grande partie de la corporation ; dans ce domaine comme dans d'autres et comme aux USA ou en URSS, cela permet aussi de protéger les scientifiques des « *hasards d'une balle turque* » qui avaient tant indigné Ernest Rutherford lorsque l'un des principaux espoirs de la physique atomique britannique était mort aux Dardanelles en 1915. Le travail porte parfois sur des sujets assez généraux comme la première version, par Wilhelm Magnus, du futur recueil de formules sur les fonctions spéciales de Magnus et Oberhet-Tinger, le traité d'Erich Kamke sur les équations différentielles ou celui de Lothar Collatz sur les calculs de valeurs propres. Il porte aussi parfois sur des problèmes beaucoup plus directement militaires comme l'aérodynamique supersonique des obus et missiles, les battements des ailes d'avions (*wing flutter*), les courbes de poursuite pour les projectiles téléguidés, ou la cryptologie. On y rencontre des mathématiciens fort connus, y compris des algébristes comme Helmut Hasse, Helmut Wielandt ou Hans Rohrbach qui se reconvertissent temporairement. Un ancien assistant de Courant à Göttingen, Alwin Walther, ayant créé avant la guerre à la *Technische Hochschule* (TH) de Darmstadt un Institut de mathématiques pratiques (IPM), travaille notamment pour Peenemünde (dirigé par Werner von Braun) dès 1939 ; lorsque Hitler donne au V2 la priorité en juillet 1943. Peenemünde se munit d'un service de mathématiques qui passe les contrats avec diverses universités et la TH. L'IPM est pendant la guerre le principal centre de calcul pour la recherche militaire ; on n'y utilise pas d'autre matériel que des machines arithmétiques standard de bureau et des calculatrices biologiques ayant terminé leurs études secondaires. Les

trois machines à relais téléphoniques de Konrad Zuse trouvent quelques utilisations, mais la machine à tubes électroniques de Wilhelm Schreyer, collaborateur de Zuse, est rejetée par les autorités [19]. Le premier travail de Walther après la défaite sera de diriger pour les Alliés la rédaction de cinq rapports sur les mathématiques ; il note la similitude entre les sujets traités en Allemagne et aux USA, « *merveilleux témoignage de la puissance et de la vie propre des idées mathématiques par-delà les frontières* ». Courant est sans doute du même avis puisqu'il invite Walther à s'établir aux USA : préférant reconstruire son pays et devenu « pacifiste », celui-ci décline cette alléchante perspective [20].

Aux États-Unis où nous revenons, un long rapport [21] sur les mathématiques appliquées déclare en 1956 :

> « Disons aussi d'emblée qu'avant la Seconde Guerre mondiale, à de très rares exceptions près, elles ne furent structurées par aucune organisation et ne vivotèrent que grâce à l'intervention du gouvernement fédéral. *N'eussent été les exigences liées aux questions de sécurité nationale, les mathématiques appliquées dans ce pays seraient mortes et enterrées.* » (Souligné dans le texte)

Selon le même rapport, les organes gouvernementaux – *id est*, à cette époque, militaires *de jure* ou *de facto*, comme l'*Atomic Energy*

---

[19] L'une des différences essentielles entre les militaires ou gouvernants allemands et américains est que les seconds, et non les premiers, sont disposés à prendre beaucoup de risques sur des projets à la limite des possibilités ; le cas de l'ENIAC, financé par Aberdeen (500 000 dollars environ) en dépit de sa fiabilité *a priori* désespérée (18 000 tubes électroniques, 2 000 chez Schreyer), est typique. La surabondance des crédits facilite évidemment ce genre de décision.

[20] Pour ce qui précède, voir H. Mehrtens, "Mathematics and War : Germany, 1900-1945", dans Paul Forman et José M. Sanchez-Ron, eds., *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology* (Kluwer, 1996), pp. 87-134.

[21] *Report on a Survey of Training and Research in Applied Mathematics in the United States,* F. J. Weyl, lnvestigator (National Research Council/NSF, publié par la Society for Industrial and Applied Mathematics, 1956), notamment p. 31.

Commission ou le NACA [22] – et les industries connexes sont quasiment seuls à utiliser des professionnels des mathématiques appliquées. En fait, les organisateurs de la R&D militaire pendant la guerre aux États-Unis n'avaient pas même prévu de faire appel à des mathématiciens : ce sont ceux-ci qui ont fait créer en 1942 un *Applied Mathematics Panel* à la disposition de tout le monde.

Un rapport de 1962 note qu'en 1960, sur 9 249 « mathématiciens professionnels » employés dans l'industrie ou les services du gouvernement, les deux branches les plus militarisées de l'industrie – aéronautique et équipement électrique – en employaient 1961 et 1226, le Pentagone en employant environ deux mille autres [23].

En 1968 un autre rapport, sur les mathématiques en général celui-ci, recommande que les *mission-oriented agencies* – dans l'ordre : le *Department of Defense* (DOD), l'*Atomic Energy Commisssion* (AEC qui, entre autres « missions », invente et produit en série toutes les têtes nucléaires des armes américaines), la NASA et les *National Institutes of Health* (NIH) – continuent à financer la recherche dans les domaines les plus utiles à leurs vocations et à soumettre leurs problèmes à la communauté [24]. La rédaction de ce rapport fut dirigée en pleine guerre du Vietnam par Lipman Bers, l'un des principaux opposants à celle-ci chez les mathématiciens. Il expliquera en 1976 dans les *Notices of the AMS* qu'il n'avait accepté ce travail qu'après avoir été assuré que la guerre serait terminée lorsqu'il serait publié ; elle le sera cinq ans plus tard.

---

[22] *National Advisory Committee for Aeronautics,* fondé en 1915, organisme gouvernemental de recherche à la disposition de l'armée et de l'industrie. Il devient la NASA après le Spoutnik.

[23] *Employment in Professional Mathematical Work in Industry and Government* (NSF 62-12). Il ne faut sûrement pas prendre au pied de la lettre des estimations à une unité près et le rapport précise que 6 311 seulement de ces « mathématiciens » ont fait quelques années d'études dans le secteur des mathématiques, les autres provenant par exemple de l'*electrical engineering.* Les activités de R&D n'utilisent que la moitié des personnes considérées.

[24] *The Mathematical Sciences : a Report* (Washington, National Academy of Science, 1968), pp. 20-21.

Un rapport de 1970, cité dans mes articles sur le « modèle scientifique américain », mentionne 876 mathématiciens (dont 166 docteurs) chez AT&T, 170 chez Boeing, 239 chez McDonnell Douglas, 147 chez Raytheon, 68 chez Sperry Rand, 287 chez TRW, 137 chez Westinghouse, etc. Toutes ces grandes entreprises de haute technologie produisent des matériels militaires, très majoritairement chez Boeing, McDonnell, Raytheon et TRW ; AT&T, avec ses Bell Laboratories, produit du matériel de télécommunications civil – et, à ce titre, utilisait déjà des mathématiciens avant la guerre – mais participe aussi depuis le début des années 1950 à des projets militaires beaucoup plus sophistiqués (système SAGE de défense anti-aérienne du continent américain puis défense anti-missiles) ; Sperry est, depuis toujours, lié à la Marine à laquelle il fournit des instruments de navigation et, après sa fusion avec Remington-Rand en 1955, des quantités de systèmes informatiques (UNIVAC). Westinghouse construit notamment des réacteurs nucléaires civils basés sur le système PWR des propulseurs sous-marins que fournit la maison.

Il va de soi que ce qu'on appelle dans ce genre de contexte un « mathématicien » n'est pas l'équivalent d'un Euler ni même d'un universitaire ; le travail sérieux est fréquemment confié à des universitaires travaillant sur contrat et c'est plutôt dans cette direction qu'il faudrait s'orienter pour estimer l'importance réelle des mathématiques non banales dans les applications militaires ou industrielles.

Les mathématiques appliquées et l'analyse numérique se sont progressivement répandues dans le secteur civil, mais leur degré de militarisation est toujours resté considérable aux USA si l'on s'en tient aux activités financées par Washington. Voici une table simplifiée[25] des sources de financement, gouvernemental de la recherche (fondamentale et appliquée, développement exclu) dans le

[25] Il ne faut pas attribuer aux statistiques ci-dessous, qui résultent de questionnaires soumis à des centaines d'organismes, une précision qu'elles n'ont pas ; ce sont les tendances et les proportions approximatives qui comptent.

secteur *Mathematics and Computer Science* ; elle couvre tous les organismes – université, industrie, centres gouvernementaux, etc. – où l'on fait des mathématiques ou de l'informatique (structure logique des machines, méthodes de stockage des données, programmation, etc.) :

	1958	1962	1968	1974	1981	1987	1994
Total	40,4	68,9	119,3	127,4	279,0	759	1242,3
DOD	36,4	38,5	79,2	70.2	147,5	453	593,2
NSF	1,4	7,3	18,4	23,7	61,6	124	238,5
NASA	0	17,2	3,7	1.9	4,0	70	25,7
AEC/ DOE	1,9	4.1	5,8	5,6	14,7	38	201,8

Il s'agit de millions de dollars courants, à multiplier par des facteurs allant de 5 à 1,2 environ [26] pour les convertir en monnaie de 1997. Outre le DOD, la NASA et l'AEC – devenue depuis vingt ans le *Department of Energy* (DOE) couvrant un champ plus large –, la *National Science Foundation* (NSF) finance la recherche de base en distribuant des contrats ; il y a aussi des contributions plus faibles d'autres départements (transports, commerce, santé, etc.). L'envol des crédits DOD entre 1981 et 1987 correspond à la période Reagan pendant laquelle le budget militaire augmente d'au moins 50 % en

[26] Les tables détaillées de la NSF indiquent qu'un dollar de 1987 vaut 27 % (resp. 31 %, 43 %, 78 %, 125 %, 136 %) d'un dollar de 1962 (resp. 1968, 1974, 1981, 1994, 1997). *Science and Engineering Indicateurs 1996,* table 4-1 qui permet la conversion année par année. La NSF publie des masses de statistiques généreusement, distribuées ; j'en reçois depuis plus de vingt ans. Ayant demandé trois nouvelles publications – deux kilos de papier environ – au printemps de 1997, je les ai reçues gratuitement en une dizaine de jours par avion. Vous pouvez aussi utiliser Internet (<http://www.nsf.gov/sbe/srs/stats.htm> pour les statistiques et <http://www.nsf.gov> pour les informations générales).

termes réels afin de donner à l'économie soviétique la poussée finale vers la faillite si l'on en croit Mrs Thatcher. Comme on le voit, le DOD fournit encore à peu près la moitié de tous les crédits fédéraux attribués à la recherche en mathématiques et informatique. L'*electrical engineering* (télécommunications, radar, composants électroniques, etc.) est le seul domaine où les crédits militaires de recherche soient proportionnellement plus importants qu'en mathématiques et informatique.

Si l'on considère uniquement la recherche appliquée en mathématiques et informatique, on obtient le tableau suivant :

	1965	1968	1974	1981	1987	1994
Total	50,5	66.6	78,1	138,5	464	738,7
DOD	43,0	44,2	53,2	88,2	344	446,6

La NSF indique que, sur les 740 millions de dollars de 1994, 95 (resp. 566) vont aux mathématiques (resp. à l'informatique), le reste mélangeant les deux secteurs ; les 446 millions du DOD fournissent de même 33 (resp. 381) millions, auxquels s'ajoutent 105 du DOE dont 1,7 (resp. 73) millions ; les autres contributions sont beaucoup moins importantes.

On peut aussi noter que, parmi l'ensemble des secteurs scientifiques, celui qui nous occupe ici est le seul dont les crédits gouvernementaux, et en particulier militaires, de recherche appliquée continuent à croître. Bien que le total des crédits de la R&D militaire ait baissé depuis le sommet de l'époque Reagan (35 milliards en 1987 et 27 en 1996 en monnaie de 1987), ils ont d'autant plus de chances de rester à un niveau très élevé que le Pentagone s'est inventé une nouvelle mission bien avant la chute de l'URSS : veiller à la « sécurité économique », et non pas seulement militaire, des États-Unis en développant des technologies à double emploi, par exemple dans le secteur explicitement mentionné de la simulation et de la modélisation qui concerne les mathématiques et l'informatique ;

« *technological supremacy remains the over-riding goal of U.S. defense S&T policy* »[27] et à défaut de la guerre froide, la compétition internationale pour les ventes d'armes et de technologie, ainsi que la « dissuasion du fort au faible » rendue nécessaire précisément par celles-ci – voyez La première guerre d'Irak –, stimuleront le progrès technique.

Ces crédits ne vont évidemment pas uniquement aux universités ; celles-ci, en 1994, avaient perçu du gouvernement fédéral 196 millions en mathématiques et 453 en informatique, pour des dépenses totales – crédits spécifiquement attribués à des activités de recherche – de 278 et 659 millions dans ces secteurs, ce qui signifie que le gouvernement en finance les deux tiers environ. Pour la recherche de base en mathématiques (resp. informatique), on trouve des crédits fédéraux de 128 (resp. 193) millions, dont 40 (resp. 48) fournis par le DOD. Pour la recherche appliquée, le total est de 10 (resp. 168) millions de dollars dont 5 (resp. 150) fournis par le DOD et en quasi totalité par l'ARPA[28], ce qui représente près de 250 millions de crédits DOD sur un total de 659. Ce n'est plus la situation de 1958 où quasiment tous les crédits fédéraux spécifiquement alloués à la recherche étaient militaires, et les trois quarts des crédits militaires vont maintenant à l'informatique plutôt qu'aux mathématiques proprement dites. Mais ce n'est pas non plus le retour à l'innocence du Paradis avant la Chute.

En fait, ces statistiques ne mesurent pas exactement l'influence militaire sur les mathématiques dans les universités. Les contrats de l'*Office of Naval Research* par exemple, fort substantiels entre 1947 et 1970, étaient excellents pour l'image de marque de l'agence et

---

[27] *Science and Engineering Indicators 1996*, p. 4-24, 33 et 34.

[28] *Federal Funds for Research and Development, Fiscal Years 1994, 1995, and 1996* (NSF 97-302), tables détaillées C-70 et C-78 et *Academic Science and Engineering : R&D Expenditures, Fiscal Year 1994* (NSF 96-308), tables B-3 et B-7. L'*Advanced Research Projects Agency*, retombée du Spoutnik, pilote et finance la recherche militaire à long terme. Le réseau Internet dérive directement du réseau Arpanet des années 1970.

permettaient de garder à toutes fins utiles le contact avec la communauté ; tous les mathématiciens de ma génération savent que ces contrats sont allés entre autres à des gens faisant des recherches dans les secteurs les plus « modernes » des mathématiques pures. Ces domaines sont encore prépondérants jusqu'aux environs de 1970 – les attaques contre les mathématiques « abstraites » ou « modernes » n'ont pas davantage manqué aux USA qu'en France – à une époque où les crédits de la NSF étaient encore très faibles ; ils servaient à financer une partie des salaires, à aider les étudiants faisant leurs thèses, à organiser des colloques, à inviter des étrangers, y compris peut-être le présent auteur, et assuraient la suprématie américaine dans ce domaine comme dans les autres ; cette pratique, courante avant 1970, a beaucoup diminué après le vote par le Congrès américain d'un *Mansfield Amendment* interdisant au Pentagone de financer des recherches n'ayant pas d'intérêt militaire plus ou moins clair. Il ne faut pas pour autant oublier que l'*Office of Naval Research* ou l'ARPA ne fonctionnent pas à la manière de la philanthropique Fondation Rockefeller.

Les mathématiciens répondaient parfois qu'ils détournaient l'argent des militaires à des fins bénéfiques ou innocentes ou, comme le linguiste Noam Chomsky, que « *le Pentagone est une vaste organisation dont la main droite ignore ce que fait la main gauche* », ou encore que le Congrès est trop stupide pour financer autrement les mathématiques. Ce type d'argument, qui permet de gagner sur les trois tableaux de la finance, de la vertu et du progrès des lumières, demanderait, me semble-t-il, à être vérifié. Ce n'est pas au spectateur de prouver qu'un contrat militaire implique son bénéficiaire ; c'est à celui-ci, s'il le conteste, de faire la preuve du contraire.

Il faudrait aussi expliquer pourquoi, *a contrario*, le secteur bio-médical n'a proportionnellement jamais joui, à beaucoup près, des mêmes faveurs de la part du DOD : en 1968, 105 millions de crédits DOD sur 1 534 millions de crédits fédéraux de recherche, 265 millions sur 9,3 milliards en 1994. Il est financé depuis cinquante ans principalement par les NIH, fortement encouragé par le Congrès et

les électeurs, et aucun biologiste n'a jamais prétendu « détourner » les crédits des NIH, bien au contraire.

3. Jacobi et la naissance des mathématiques pures

La théorie de Schwartz, n'a pas toujours fait l'unanimité. Avant le XIXe siècle, lorsque les sciences n'étaient pas encore aussi spécialisées qu'elles le sont devenues, les mathématiciens s'étaient certes pour la plupart intéressés à la mécanique, à l'astronomie et à la physique et parfois à des applications pratiques : navigation, géodésie, balistique, fortifications, etc. Quoique cette tendance ait toujours existé par la suite dans une partie de la profession, notamment parce que la physique pose des problèmes de plus en plus intéressants, une tendance nouvelle apparaît en Allemagne au début du XIXe siècle. Tous les mathématiciens connaissent au moins l'esprit de la célèbre lettre de 1830 en français, de Jacobi à Legendre :

> « Il est vrai que M. Fourier avait l'opinion que le but principal des mathématiques était l'utilité publique et l'explication des phénomènes naturels : mais un philosophe [29] comme lui aurait dû savoir que le but

[29] Terme qui, à l'époque, désigne tous ceux qui cherchent à comprendre la nature. C'est aussi le sens qu'il a lorsque Newton intitule son grand traité de cosmologie *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*. La question de savoir si Fourier était un vrai « philosophe » n'est pas entièrement claire. Né à Auxerre en 1768 et orphelin à neuf ans, il est recommandé à l'Evêque de la ville qui l'envoie à l'école militaire locale où il découvre les mathématiques et attire l'attention des inspecteurs de l'école, notamment de Legendre ; ceux-ci voudraient l'envoyer à un collège parisien tenu par des bénédictins comme l'école militaire d'Auxerre, mais les bons pères le font entrer comme novice dans une abbaye en 1787. Il renonce à cette prometteuse carrière en 1789, revient enseigner à l'école d'Auxerre, entre à la société locale des Jacobins et, critiquant des officiels corrompus, est l'objet en 1794 d'un mandat d'arrêt avec

> unique de la science, c'est l'honneur de l'esprit humain, et que sous ce titre, une question de nombres vaut autant qu'une question de système du monde. »

Tous issus d'une Ecole polytechnique qui n'avait pas à son programme officiel « l'honneur de l'esprit humain », sauf à prétendre que le perfectionnement et l'usage de l'artillerie relèveraient de ce concept, la plupart des mathématiciens français, suivant l'exemple de Fourier, étaient fort occupés par les équations de la physique, probablement peu utiles pour l'artillerie de l'époque. Jacobi, lui, se passionnait pour la théorie des nombres et était en train de révolutionner celle des fonctions elliptiques, ce qui donnera lieu jusqu'à nos jours à une très belle branche des mathématiques pures en dépit, et non pas à cause, de leur utilité pratique.

Enfant prodige qui, à l'université de Berlin, fait d'abord des études littéraires excessivement brillantes, Jacobi est à l'époque professeur à Königsberg où le ministre prussien compétent, influencé notamment

---

guillotine à la clé ; Robespierre refusant le pardon, Fourier est arrêté à Auxerre ; la population le fait libérer mais on l'arrête une seconde fois et c'est la chute de Robespierre qui le sauve. Fourier est alors accepté comme élève de l'Ecole normale qui vient d'ouvrir puis, après quelques mois, entre à Polytechnique où Monge le fait nommer assistant ; on l'accuse maintenant d'être un partisan de Robespierre et ses collègues sont obligés d'intervenir pour le sauver une seconde ou troisième fois.

Choisi par Monge et Berthollet en 1798 pour faire partie de l'Institut d'Egypte, il accompagne Bonaparte et, pendant un temps, dirige *de facto* toutes les affaires civiles et négocie avec les potentats locaux, notamment pour faire libérer des esclaves que leur *sex appeal* recommande favorablement à quelques surmâles français. Bonaparte le nomme préfet de l'Isère en 1802, poste qu'il occupe jusqu'en 1814 et dans lequel il est chargé de veiller à l'exécution des décisions de son protecteur, d'ouvrir le courrier et de supprimer les publications des opposants, d'établir un fichier des personnalités, d'organiser les élections, de censurer le journal local « *in order to keep both revolution and scandal from its columns* » comme le dit Grattan-Guinness, *Joseph Fourier, 1768-1830* (MIT Press, 1972), etc. Il fait aussi construire la route de Grenoble à Briançon et assécher les marais de Bourgoin entre Grenoble et Lyon. Il convertit à l'égyptologie les frères Champollion et organise la rédaction et la publication de la *Description de l'Egypte* (21 volumes publiés entre 1809 et 1821). Il semble que Fourier n'ait pas particulièrement apprécié son travail de préfet, mais il n'en fut jamais déchargé et l'accomplit avec le plus grand sérieux. Malgré des manœuvres acrobatiques en 1814-1815, il perd tout à la Restauration et se retrouve mathématicien.

par les éloges de Legendre, a dû l'imposer aux gens du cru qu'indisposait l'arrogance de Jacobi. Avec le physicien Franz Neumann et l'astronome Friedrich Bessel, Jacobi, influencé par ce qu'il a connu à Berlin en philologie, fonde à Königsberg le premier « séminaire » de mathématiques et physique destiné à des étudiants avancés ; cette institution se répandra dans toutes les universités allemandes et y obtiendra un statut officiel : deux ou trois ans d'études, contact direct avec les professeurs, bourses, bibliothèques et laboratoires spécialisés, etc. Les Américains s'en inspireront après 1870 avec leurs *graduate schools* [30] et les Français après 1950, voire 1960 (troisièmes cycles).

Pour comprendre la déclaration de Jacobi à Legendre, il faut connaître l'idéologie qui se répand progressivement dans les universités allemandes ; elle se situe aux antipodes de celle, s'il y en a une, qui prévaut dans les facultés françaises instituées par Napoléon [31]. Directement et strictement contrôlées par le pouvoir central, celles-ci, en lettres et en sciences, sont exclusivement vouées aux examens du Baccalauréat et à la préparation à l'agrégation de l'enseignement secondaire ; les activités de recherche ne sont ni prévues, ni organisées, ni financées dans les universités que, dans les

---

[30] Le but recherché par l'université Columbia en créant une Graduate Faculty of Pure Science vers 1900 est « *the full establishment in America of the pursuit of science for its own sake, as a controlling university principle* » ; c'est exactement l'idéologie universitaire allemande. Cité par Paul Forman, *Into Quantum Electronics : The Maser as "Gadget" of Cold War America*, dans Paul Forman et José M. Sanchez-Ron, eds., *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology* (Kluwer, 1996), p. 267. Il existe une vaste littérature américaine sur le sujet.

[31] L'exposé d'Alain Renaut, *Les révolutions de l'université* (Calmann-Lévy, 1995), permet de comparer l'évolution des systèmes universitaires français, allemand et américain ; dû à un philosophe manifestement fort compétent, il ne fournit à peu près pas d'indications sur les secteurs scientifiques et techniques sur lesquels existe une abondante littérature non française ; voir mon article *Science et défense I* (Gazette des mathématiciens, 61, 1994, pp. 3-60). Alain Renaut note au passage que, dans la Sorbonne de 1995, dix neuf (19) professeurs de philosophie se partagent un (1) bureau ; il serait difficile de prouver plus clairement le mépris des politiques français pour les disciplines "inutiles".

sciences mathématiques et physiques, Polytechnique prive beaucoup plus encore que de nos jours de presque tous les bons étudiants [32] : en 1877, il n'y a encore, dans les secteurs scientifiques, que 350 étudiants inscrits dans les facultés françaises – il n'y a guère d'autres débouchés que ceux, encore très limités, de l'enseignement secondaire – et largement 250 polytechniciens par promotion. Comme environ 80 % des Polytechniciens vont dans l'armée entre 1871 et 1914, il n'y a pas lieu de déplorer cette ségrégation…

Entre 1806 et 1818, en partie pour retrouver sur le plan intellectuel, en attendant mieux [33], le prestige qu'elle a perdu à Iéna et « *régénérer, en réorganisant l'ensemble du système éducatif, les forces spirituelles d'un État affaibli matériellement* » comme l'écrit Alain Renaut, la Prusse rénove complètement son système d'éducation secondaire et supérieur, crée à Berlin en 1810 et à Bonn en 1818 les premières universités modernes et réforme les anciennes : liberté pour les enseignants et étudiants de choisir les sujets qu'ils enseignent et les cours qu'ils suivent ; libre passage d'une université à une autre pour les étudiants ; pas de sélection à l'entrée, l'équivalent du Baccalauréat suffisant ; pas d'examens internes, mais, à la sortie de l'université, des concours de recrutement aux professions, notamment à l'enseignement secondaire ; préparation d'un doctorat pour ceux que la recherche attire ; recrutement et avancement des enseignants en

---

[32] Laurent Schwartz se plaint dans ses mémoires (p. 354) du fait que, dans les universités françaises actuelles, « *l'absence de sélection conduit à une dégénérescence de plus en plus profonde, avant tout dans les premiers cycles* », ce qui ne l'empêche pas d'observer (p. 357) qu'une bonne partie des élèves hautement sélectionnés de l'X échoueraient aux examens universitaires de second cycle. En fait, le problème existe depuis fort longtemps et précisément en raison de l'existence de la sélection négative opérée par le système parallèle des écoles d'ingénieurs, système dont la France a le monopole mondial.

[33] A savoir une armée fondée sur trois ans de service militaire obligatoire, cinq ans dans la réserve et plus longtemps dans la territoriale, à la tête de laquelle un État-Major Général a pour fonction, en temps de paix, d'élaborer de minutieux plans de guerre, le tout servi par une puissante industrie à partir de 1860 environ. La France adoptera le système après en avoir mesuré l'efficacité en 1870.

fonction de leurs capacités scientifiques[34]. Élaboré par les philosophes prussiens que tout le monde connaît et par des philologues, historiens et théologiens (protestants…) qui créent la critique des textes, l'objectif des fondateurs est d'assurer aux étudiants une formation culturelle et intellectuelle par la *Wissenschaft* entendue comme l'ensemble des connaissances rationnelles dans tous les domaines de l'activité intellectuelle.

Mais à l'époque de Jacobi, le mot représente bien davantage les lettres et sciences sociales au sens français que les sciences proprement dites, réunies dans une même « Faculté de philosophie » et non pas séparées comme en France. Les mathématiques, bien qu'enseignées jusqu'alors à un niveau élémentaire et utilitaire, sont assez honorables puisque remontant aux Grecs, mais les sciences expérimentales sont généralement tenues en piètre estime par les littéraires qui dominent et n'y comprennent généralement rien, particulièrement à la chimie. Les scientifiques sont donc obligés d'insister sur le fait qu'en dépit de leurs éventuelles applications pratiques, leurs domaines d'activité ont, eux aussi, une valeur intellectuelle et peuvent, eux aussi, contribuer à former les esprits des étudiants à l'usage de la raison. Soutenus par des gouvernants impressionnés par la science des Français et la technologie des Anglais, les scientifiques allemands finiront par avoir gain de cause et. à partir de 1850-1860, par disposer d'un prestige et de ressources que leurs homologues étrangers leur envieront. Mais c'était encore loin d'être le cas en 1830.

Ayant, à Berlin, absorbé la nouvelle idéologie chez le plus célèbre philologue de l'époque, Jacobi s'y tient après être passé aux mathématiques. Il va beaucoup plus loin que de l'écrire à Legendre ; en 1842, invité à Manchester à l'occasion d'un congrès de

[34] Ce dernier point est en fait imposé par les ministres de l'Éducation jusqu'en 1848, lesquels nomment les professeurs en consultant des spécialistes, éventuellement français, et non l'ensemble de la faculté de philosophie ; celle-ci est beaucoup plus sensible aux mérites pédagogiques et comportements individuels, voire aux relations personnelles et, au début, comporte beaucoup de représentants de l'ancien système.

l'association des scientifiques anglais, il écrit à son frère physicien : « *j'ai eu le courage d'y proclamer que l'honneur de la science est de n'être d'aucune utilité* ». Ce qui, dit-il, provoqua d'énergiques dénégations dans son auditoire : la plupart des Anglais sont encore voués à la conception que Francis Bacon a élaborée au XVII[e] siècle, à savoir la domination de l'Homme sur la Nature ou, en pratique, la réalisation de toutes les possibilités techniques grâce à la compréhension des lois naturelles. Dans le même ordre d'idées, le chimiste allemand Liebig, qui connaît fort bien l'Angleterre, écrit à Faraday en 1844 :

> « Ce qui m'a le plus frappé en Angleterre, c'est le fait que seuls les travaux offrant des perspectives pratiques éveillent l'intérêt et attirent la considération, tandis que des travaux de science pure de bien plus grande valeur sont presque ignorés. Les seconds sont pourtant la seule, la vraie source d'où découlent les premiers… En Allemagne, c'est plutôt le contraire. Là-bas, les applications pratiques n'ont qu'une valeur insignifiante aux yeux des scientifiques, qui considèrent que le progrès de la Science constitue à lui seul un objectif digne d'intérêt. » [35]

La théorie de Jacobi, qui coïncide chronologiquement avec l'apparition en Allemagne des universitaires pratiquant leur activité en raison de son seul intérêt intellectuel, ne peut donc se comprendre que dans le contexte de la professionnalisation de la science proprement dite, *id est* de son installation dans les universités en tant qu'activité intellectuelle autonome à part entière au même titre que la philosophie ou l'histoire. Ce que proclame Jacobi, c'est la dignité

---

[35] Citation de Jacobi dans R. Steven Turner, *The Growth of Professorial Research, in Prussia, 1818 to 1848. Causes and Context* (Historical Studios in Physical Sciences, 3, 1971, 137-182), notamment p. 152. Sur Bacon et l'Angleterre, Jacques Blamont, *Le chiffre et le songe. Histoire politique de la découverte* (éd. Odile Jacob, 1993), chapitre "Atlantis". M. Blamont, professeur à l'université Paris 6 et académicien, est un spécialiste international fort connu de physique spatiale (aéronomie). Citation de Liebig dans Peter Alter, *The Reluctant Patron. Science and the State in Britain, 1850-1920* (Berg, 1987), p. 120, par un historien allemand qui développe abondamment le sujet. Liebig, qui ne néglige pas les applications pratiques de la chimie, notamment à l'agriculture, ajoute que le meilleur système serait de se tenir à égale distance des conceptions allemande et britannique.

intellectuelle de la recherche scientifique en tant que telle et eu particulier des mathématiques. Jacobi est à la fois l'anti-Bacon par excellence et l'héritier de la philosophie idéaliste allemande de son époque.

Fondé sur une vision philosophique de l'unité des connaissances, le système universitaire allemand ne vise ni à une simple professionnalisation spécialisée ni à la diffusion de connaissances utiles dans la technique. Cette mission est réservée aux futures TH, autres antithèses de Polytechnique sous beaucoup de rapports : on s'inspire de la pédagogie de l'Ecole initiale (théorie et travaux pratiques) mais on refuse la militarisation [36], le concours d'entrée et le cursus unique sans aller jusqu'au libéralisme universitaire. Créées à partir de 1825 à un niveau assez bas, elles conduiront à la fin du siècle à une dizaine d'institutions ayant un statut universitaire et comportant jusqu'à 40 % d'étudiants étrangers dans certains domaines. Les universités, de leur côté, accueilleront des quantités de futurs scientifiques américains, anglais, russes, japonais, etc. – pas de Français après 1870, apparemment – et jouiront dans les milieux scientifiques internationaux du même prestige que les TH chez les ingénieurs.

Il faudrait évidemment apporter quelques bémols à ce tableau. L'aspiration philosophique à l'unité des connaissances se révélera rapidement utopique et, à la fin du siècle, on introduira un examen après six semestres pour éviter les spécialisations excessives. A partir de 1870, des rapports avec l'industrie se développeront dans des branches comme la physique et surtout la chimie sans pour autant approcher ce que l'on voit dans les TH.

Aux environs de 1900, le grand mathématicien et patriote Félix Klein, apôtre de ces relations, lancera à Göttingen une école de mathématiques et physique appliquées en y faisant nommer notamment Carl Runge, premier grand spécialiste d'analyse

[36] Ce qui n'empêchera pas certaines TH de comporter des sections de techniques militaires.

numérique, et le mécanicien Ludwig Prandtl qui se lance peu après dans la mécanique des fluides [37] ; grâce à des crédits massifs au cours de la Grande guerre et après 1933, Prandtl transformera Göttingen en le plus grand centre d'aérodynamique européen jusqu'en 1945. Klein écrit avec le physicien Arnold Sommerfeld une *Theorie des Kreisels* (gyroscope) en quatre volumes où il réussit à placer un chapitre rempli de fonctions elliptiques et de séries de Jacobi. Le volume 4 développe les principales applications : stabilisation de la trajectoire des torpilles de Robert Whitehead, stabilisation d'un navire, compas gyroscopiques pour la marine, etc. Klein dirige aussi la rédaction d'une colossale *Enzyclopaedie* des mathématiques où les applications ne sont pas oubliées.

On est assez loin de Jacobi en dépit du goût initial de Klein pour les fonctions elliptiques et modulaires.

Jusqu'à la dernière guerre, il n'était en fait pas vraiment nécessaire de choisir entre mathématiques « pures » et « appliquées » à la résolution de problèmes techniques (à distinguer des applications à la physique théorique) : les secondes n'existaient guère en dehors de la mécanique des fluides. Celle-ci avait certes donné lieu depuis le XVIIIe siècle, comme d'autres domaines de la physique, à beaucoup d'études théoriques dues pour la plupart à de grands analystes, mais ils ne se préoccupaient généralement pas des applications techniques ni des questions numériques, abandonnées aux ingénieurs comme en hydrodynamique navale. C'est principalement le développement de l'aérodynamique qui donne à celles-ci une importance prépondérante bien qu'on ne dispose encore que de méthodes de calcul primitives – l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles est beaucoup plus difficile que celle des équations à une variable en dépit des simplifications apportées par la théorie de la « couche limite » de Prandtl – et de machines arithmétiques qui ne le

[37] Voir Paul A. Hanle, *Bringing Aero-dynamics to America* (MIT Press, 1982) et les mémoires de Theodor von Karman, *The Wind and Beyond* (Little, Brown, 1967).

sont pas moins. Soutenue par une propagande fréquemment délirante, peuplée d'ingénieurs, de militaires et d'hommes d'affaires en général aussi conservateurs en politique qu'imaginatifs en matière de finances [38], l'aéronautique désirait des résultats concrets et non des théorèmes généraux sur les EDP ; nous exposerons plus loin sa conception de la guerre. G.H. Hardy, p. 140 de son *Apology* de 1940 citée plus loin, estime les mathématiques de l'aérodynamique et de la balistique, sujet plus traditionnel, « *repulsively ugly and intolerably dull* » ; cela peut passer pour un point de vue aristocratique, mais le fait est que l'aérodynamique attirait fort peu de vrais mathématiciens [39].

---

[38] Voir par exemple D.E.H. Edgerton, *England and the Aeroplane* (Macmillan, 1991), Emmanuel Chadeau, *De Blériot à Dassault. L'industrie aéronautique en France, 1900-1950* (éd. Fayard, 1987), Jacob A. Vander Meulen, *The Politics of Aircraft, Building an American Military Industry* (UP of Kansas, 1991). Le cas de l'Allemagne est un peu différent : le Traité de Versailles lui interdit l'aviation militaire, qui devient prépondérante après 1933. En ce qui concerne l'influence militaire, on peut noter qu'en France le ministère de l'Air avait financé avant la guerre la création d'une demi-douzaine d'instituts universitaires de mécanique des fluides à Lille, Poitiers, Toulouse, Marseille, etc. et assurait le salaire du professeur de mécanique des fluides à Paris et peut-être ailleurs. Une chaire d'aéronautique avait été créée à la Faculté des Sciences de Paris peu avant 1914 grâce à un don de Basil Zaharoff, personnage célèbre et controversé chargé de négocier les exportations de Vickers, l'énorme entreprise d'armement britannique.

[39] Les calculs théoriques que l'on trouve avant 1940 chez Ludwig Prandtl, Theodor von Karman ou G. I. Taylor relèvent le plus souvent de l'analyse la plus classique ; l'aérodynamique est, avant la guerre, bien davantage une science expérimentale qu'une branche des mathématiques appliquées ; en particulier, on ne trouve quasiment pas de mathématiques dans les 700 pages du traité de Schlichting, écrit en 1942 à Göttingen et publié aux USA en plusieurs éditions successives jusqu'en 1970 au moins ; en France, à partir des années 1930 et jusqu'aux années 1960, les calculs d'ailes sont effectués par la méthode des « analogies rhéologiques » de Lucien Malavard et Joseph Pérès, laquelle remplace les « calculs » par des mesures de la distribution du courant électrique dans une cuve conductrice de forme convenable ; voir l'exposé de Malavard au Colloque sur l'Histoire de l'Informatique en France (Grenoble, 1988) édité par Philippe Chatelin ; la méthode a un grand succès auprès des militaires et industriels. A l'heure actuelle, en dépit de tous les superordinateurs et des énormes progrès des mathématiques appliquées, il faut encore des milliers d'heures d'essais en soufflerie pour choisir la forme d'un Airbus ou d'un B-2.

En France, Jean Leray fait sa thèse de mécanique des fluides sur la théorie de la turbulence qui commence à naître (Prandtl-von Karman), mais les applications pratiques en sont probablement fort éloignées.

Il y avait aussi depuis longtemps l'inoffensive mécanique céleste qui posait des problèmes d'analyse classique beaucoup plus intéressants (perturbations et développements asymptotiques par exemple), voire extraordinairement difficiles, comme le problème des trois corps qui continue à inspirer des mathématiciens se souciant bien davantage de la topologie des trajectoires que de calculer numériquement celles-ci. Ce domaine voit un début de développement de l'analyse numérique à l'université Columbia, à New York, l'astronome Wallace J. Eckert dispose dans les années 1930 de machines comptables à cartes perforées, don du fondateur de la compagnie IBM, pour intégrer directement les équations de Newton gouvernant le mouvement de la Lune sans passer par les calculs de perturbations traditionnels. C'est évidemment ce que l'on fait maintenant – avec des ordinateurs autrement plus puissants – pour guider les véhicules « cosmiques », comme les appellent les Russes.

Comme on l'a noté plus haut, dans presque toutes les branches des sciences ou des techniques, les scientifiques et ingénieurs résolvaient eux-mêmes leurs problèmes en n'utilisant dans l'immense majorité des cas que des mathématiques connues depuis longtemps : calcul différentiel et intégral classique, théorèmes élémentaires sur les séries de Fourier, les équations différentielles et les fonctions analytiques, fonctions spéciales à propos desquelles on avait aligné des milliers de formules. Tout cela était souvent utilisé sous la forme apprise dix ou quarante plus tôt sur les bancs des universités ou écoles ; l'emploi en physique ou mécanique du « calcul vectoriel » intrinsèque, à bien plus forte raison de la version géométrique du calcul tensoriel exposée par Herman Weyl vingt cinq ans plus tôt ou des formes différentielles d'Elie Cartan, de préférence à des calculs en coordonnées, était encore quasi révolutionnaire dans ma jeunesse.

La grande exception était la physique de la relativité générale et de la mécanique quantique ; elle utilisait et parfois retrouvait des mathématiques « modernes » (géométrie riemannienne, matrices, espaces de Hilbert, groupes finis ou groupes de Lie particuliers, etc.) et contribuait à les faire avancer par des mathématiciens – et à les propager chez certains physiciens ; les calculs numériques, prépondérants en aérodynamique, en étaient à peu près totalement absents, certainement pour les mathématiciens concernés par le sujet comme Elie Cartan, Herman Weyl ou Johann von Neumann dans sa jeunesse en dépit de ses dons de calculateur ; déduire de l'équation de Schrödinger les raies spectrales expérimentalement connues de l'hélium, l'atome le plus simple après l'hydrogène, était à l'extrême limite des capacités de l'époque. Le sujet, au surplus, semblait totalement inoffensif et aurait facilement pu figurer sous la rubrique « honneur de l'esprit humain ».

Il y avait aussi le calcul des probabilités avec son langage, ses problèmes propres et ses spécialistes ; à l'époque de la guerre, c'était déjà dans une large mesure une branche des mathématiques pures exploitant, grâce notamment à l'école soviétique de Kolmogoroff, des inventions modernes comme la théorie de la mesure, la transformation de Fourier, l'analyse fonctionnelle, etc. Il y avait en France un grand spécialiste, Paul Lévy, mais il enseignait à l'X où l'on ne produisait plus depuis longtemps de mathématiciens, et la clarté de ses articles n'était pas de nature à lui attirer beaucoup de disciples à l'époque.

Après la guerre et surtout depuis une vingtaine d'années, l'analyse numérique et l'informatique, rendant possible la résolution numérique d'équations jusqu'alors quasiment intraitables, ont pris de l'extension au point de menacer les mathématiques « pures » d'une quasi marginalisation, et ce d'autant plus que les problèmes « appliqués », fréquemment susceptibles d'innombrables variantes dont l'étude exige peu d'imagination, peuvent conduire à beaucoup d'emplois dans les universités, les centres de recherche, l'industrie, la finance, etc. Il faut donc maintenant vraiment choisir. Mais même

dans un domaine possédant autant d'applications que les équations aux dérivées partielles, on peut continuer à se placer au point de vue traditionnel ; ce qui, avant la guerre, n'était guère qu'un chaos sans unité ni, bien souvent, sans rigueur, est devenu une magnifique théorie, remplie de résultats généraux difficiles à établir, où l'analyse numérique et les machines ne jouent aucun rôle, comme le montrent par exemple les livres de Lars Hörmander.

On ne va généralement plus, de nos jours, jusqu'à parler de l'« honneur de l'esprit humain », encore qu'André Weil et Jean Dieudonné l'aient revendiqué ; cette notion, philosophiquement assez obscure, est beaucoup trop romantique pour notre époque. On choisit les mathématiques, ou tout autre domaine, parce qu'on y réussit plus ou moins brillamment, que c'est ce que l'on sait le mieux faire, que l'on veut comprendre et résoudre des problèmes – comme Isidor Rabi l'a dit de sa première petite découverte en physique « *I rode the clouds for weeks* » – et que l'on a l'ambition ou l'espoir de parvenir à un certain niveau de notoriété dans la profession, voire même, pour les *happy few*, à l'immortalité. On choisit les mathématiques pures plutôt qu'appliquées parce qu'on a l'impression que ce sont, comme dit Hardy, les « vraies » mathématiques – un paradis intellectuel où toute l'activité consiste à inventer, à organiser et à échanger des idées dont la valeur est décidée par des critères purement internes – et non pas un ensemble de méthodes de calcul, si sophistiquées soient-elles, dont la valeur est fondée sur des critères externes d'efficacité opérationnelle ou sur les besoins de la physique.

Le mathématicien pur ne peut espérer ni pouvoir, ni richesse, ni célébrité publique et c'est évidemment un aspect de la profession qui contribue à en écarter ceux qui ont des ambitions mondaines, comme on disait autrefois. Mais il peut espérer jouir d'une liberté rarement disponible ailleurs ; on peut, comme Stephen Smale, découvrir son meilleur théorème sur la plage de Rio. C'est souvent, un attrait supplémentaire majeur de la profession et ce qui distingue les mathématiciens des expérimentaux, liés à, leurs laboratoires, et *a*

fortiori des ingénieurs. Ceux-ci bénéficient, en outre d'une liberté d'expression généralement fort limitée, notamment dans la France du « devoir de réserve » imposé à ceux qui dans l'administration publique ou les grandes entreprises, occupent des postes de responsabilité et pourraient être tentés de s'opposer publiquement à la politique officielle ; fort, heureusement, les idées subversives naissent rarement dans des cerveaux d'ingénieurs.

En échange de ces avantages relatifs, le mathématicien paie généralement sa dette à l'égard de la société en diffusant des mathématiques moins avancées mais fort utilisables auprès de milliers d'étudiants et de lecteurs qui en feront ce qu'ils voudront ou pourront : passée l'innocence de la jeunesse, on finit bien par apprendre que l'énorme développement mondial des mathématiques depuis 1915 n'est pas uniquement dû aux emplois créés de façon quasi mécanique par l'expansion des universités ; particulièrement dans la France du CNRS, on s'oriente même depuis quelques décennies vers des postes permanents de chercheurs dispensés de la corvée subalterne consistant à enseigner des mathématiques standard à des étudiants ordinaires. On se demande comment Weierstrass pouvait faire des mathématiques avec ses amphis de deux cents étudiants, ou comment, tant de très grands scientifiques américains peuvent, faire de la recherche en enseignant la physique ou la biologie à des centaines d'étudiants débutants. Mépris ?

Pour certains vrais ou faux idéalistes – il en reste et pas seulement en mathématiques –, la « pureté » se situe moins dans la science que dans les motivations des scientifiques. Les expérimentaux ont inventé une « éthique de la connaissance » qui justifie *a priori* le progrès scientifique dans tous les domaines ; à la société de s'en arranger [40], avec parfois l'aide de « comités d'éthique » comme on le

[40] A un physicien qui lui reprochait de construire son ordinateur pour calculer la future bombe H, von Neumann aurait répondu que son but réel était de « *révolutionner la société* ». La « révolution » informatique ne reposait, à l'époque ou de nos jours, sur aucun programme politique ou philosophique rationnellement conçu et discuté ; personne ne pouvait en prévoir les conséquences sociales, bonnes ou mauvaises. On pourrait, en dire autant de toutes les grandes innovations techniques

voit en France depuis quelque temps en biologie (mais non en physique : il est bien connu que la physique ne pose pas de problèmes d'éthique). Le physicien Francis Perrin, caricaturant peut-être involontairement Jacobi, a par exemple déclaré dans l'éphémère revue *Sciences* de janvier 1971 que :

> « La plupart des scientifiques… disent que la science doit se développer quelles que soient ses conséquences, que ce soit matériellement pour le bien ou pour le mal. C'est toujours pour le bien de l'esprit humain qui est la chose essentielle… Nous estimons que la recherche est le devoir essentiel vis-à-vis de l'esprit humain, que c'est la forme la plus élevée de l'activité spirituelle de l'humanité. »

Ce qui, de la part d'un scientifique, témoigne d'une touchante modestie. Venant d'un homme qui, au printemps de 1939, déposa au CNRS un brevet secret de bombe atomique (à l'uranium naturel il est vrai, mais c'est l'intention qui compte) et qui, professeur au Collège de France, fut Haut commissaire du CEA pendant qu'on y développait, toujours en secret, des armes qu'il prétendait désapprouver tout en aidant volontiers les ingénieurs à résoudre leurs problèmes de physique et tout en poussant à la propulsion nucléaire pour les sous-marins, c'est là une position difficile à tenir. On s'y expose à ce qu'un historien américain de la physique contemporaine a appelé :

> « La fausse conscience propre à l'homme de science, qui remplit si bien son rôle qu'elle trompe les autres tout en l'aveuglant lui-même. » [41]

Il est réconfortant de savoir qu'il se trouve toujours des jeunes gens brillants pour se lancer dans les mathématiques pures et, sans se compromettre au delà de l'irréductible minimum, pour en assumer les risques : ils sont loin d'être négligeables par ces temps de féroce

---

du passé : machine à vapeur, chemins de fer, électricité, automobile, aviation, etc. Elles ne révolutionnent pas la société, elles la bouleversent et l'obligent à s'adapter.

[41] Paul Forman, "Behind quantum electronics : National security as basis for physical research in the United States. 1940-1960" (*Historical Studies in Physical Sciences*, 18, 1987, pp. 149-229). p. 228. On trouvera beaucoup d'autres articles sur des sujets voisins dans cette revue.

compétition. Conseillons-leur quand même de ne pas se borner à ignorer, au sens français ou anglais, ce qui se passe à quinze mètres de leurs bureaux ni, comme tel bienheureux innocent, à, s'émerveiller d'être payés pendant toute leur vie pour faire ce qui les amuse le plus au monde.

4. Des mathématiques inutiles aux sciences de l'armement

En fait, les partisans de Fourier ont souvent fait observer que les mathématiques pour « l'honneur de l'esprit humain » ont, qu'on le veuille ou non, d'innombrables applications scientifiques ou techniques immédiatement ou à terme, y compris les séries thêta et les travaux de mécanique analytique de Jacobi [42] ; la revue dans laquelle il publiait – la seule au monde à l'époque à ne publier que des mathématiques – s'appelait et s'appelle encore le *Journal für die reine und angewandte Mathematik,* mathématiques pures et appliquées, comme la revue française que Liouville fondera ensuite. Jacobi ne refusait pas par principe les applications des mathématiques à la physique, à la mécanique ou à l'astronomie – c'est essentiellement de cela qu'il s'agissait – lorsqu'elles conduisent à des problèmes mathématiques intéressants. Il disait que ni ces applications ni « l'utilité publique » des mathématiques n'en constituaient la justification. Au surplus, les applications de celles-ci ne posaient pas, à beaucoup près, les mêmes problèmes qu'aujourd'hui. On a dit que la première guerre mondiale avait été la guerre des chimistes et la seconde celle des physiciens ; la troisième

[42] Voir l'article ce Helmut Pulte dans *The Mathematical Intelligencer,* Summer 1997.

risque d'être en bonne partie celle des informaticiens et des mathématiciens appliqués.

Les cyniques qui se moquent de Jacobi n'apprécient pas davantage la célèbre déclaration attribuée à G. H. Hardy :

> « Cet objet [les mathématiques pures] n'a aucune utilité pratique ; je veux dire qu'il ne peut servir à favoriser directement ni la destruction de vies humaines ni l'aggravation des actuelles inégalités dans la répartition des richesses. »

Hardy lui-même s'est exprimé de façon un peu différente et, notant que sa déclaration date de 1915, la considère comme « *une figure de style tout à fait intentionnelle, mais qui est peut-être excusable étant donné l'époque où elle fut rédigée* »[43]. On s'est naturellement, ici encore, empressé de ridiculiser Hardy, version Bernal : il suffit d'effacer le mot « *directly* » de sa déclaration. Rhétorique ou pas, ce n'est pas par hasard que Hardy oublie de mentionner d'autres usages concevables, par exemple la physique mathématique. (Ce que Liebig a écrit à Faraday reste valable en 1914 à ceci près que la science pure ne domine plus totalement les activités des universitaires allemands et que, par contre, elle domine celles de quelques scientifiques britanniques, notamment en physique atomique expérimentale, secteur fort brillant avant et après la Grande Guerre mais ne coûtant quasiment rien.) En fait, les

[43] Hardy cité sans référence p. 9 de J. D. Bernal, *The Social Function of Science* (Routledge, 1939 on MIT Press, 1967). Dans *A Mathematician's Apology* (Cambridge UP, 1940 et constamment réédité depuis), p. 120, Hardy s'exprime comme suit, sans fournir lui non plus la référence à sa déclaration de 1915 : « *Une science est dite utile lorsque ses applications tendent à aggraver les inégalités existantes dans la redistribution des richesses ou, plus directement, favorisent la destruction des vies humaines.* » Hardy ne considère pas l'inutilité d'une science comme une qualité à encourager ; il est au contraire tout à fait en faveur des applications susceptibles de contribuer « *directement à la promotion du bonheur des hommes ou au soulagement de leurs souffrances* » ; mais puisque la science « *travaille pour le mal comme pour le bien (particulièrement, bien sûr, en temps de guerre)* », il se réjouit de voir qu'il existe au moins un domaine – la théorie des nombres en l'occurrence – que son absence d'utilité a maintenu « *noble et sans tache* ».

scientifiques eux-mêmes, lorsqu'ils réclamaient davantage de moyens, se sont toujours sentis obligés de souligner son importance dans la compétition économique ou militaire en invoquant fréquemment l'exemple allemand avant 1914 et la guerre après 1918 [44]. La déclaration suivante, un sommet du genre, aurait très largement suffi à justifier Hardy bien avant 1915 :

> « Toute avancée scientifique est aujourd'hui mise au service de la guerre, et le sera toujours davantage à l'avenir. Nous ne parlons plus d'une force armée appuyée par une unité scientifique ; nous parlons d'une force armée intégralement scientifique. Dieu merci, la Navy s'engage déjà dans cette voie. En définitive, la science conduira désormais toutes les opérations, qu'elles soient pacifiques ou belliqueuses, et par conséquent ouvriers et soldats devront bénéficier d'un socle éducatif commun. Affirmer que l'État parfait fera des citoyens un double usage – un usage de paix et un usage de guerre – ce n'est plus anticiper outre mesure… La caserne, si elle existe encore, se confondra avec l'atelier ; toute portion de territoire, par exemple un champ de bataille, pourra devenir une école autonome de science appliquée où les officiers de l'armée feront d'excellents professeurs. »

L'auteur de ces prophéties non entièrement fantaisistes [45] n'est pas un chantre stipendié de l'impérialisme britannique. Astronome célèbre pour avoir découvert en 1868 les raies de l'hélium dans le spectre solaire, Sir Norman Lockyer (1836-1920) s'exprime en 1902

---

[44] Voir par exemple Peter Alter, *The Reluctant Patron,* D.S.L. Cardwell, *The Organisation of Science in England* (Heinemann, 1972) et, l'exposé passablement cynique de D.E.H. Edgerton, "British Scientific Intellectuals and the Relations of Science, Technology and War" dans Paul Forman et José M. Sanchez-Ron, *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology* (Kluwer, 1996), par un auteur qui a une forte tendance à refuser la distinction entre science et technologie, pourtant classique : schématiquement, la science découvre des lois générales de la Nature alors que la technologie utilise à des fins pratiques la méthode d'expérimentation systématique et les lois inventées par les scientifiques.

[45] Principale erreur : toutes les nations avancées s'orientent maintenant vers des armées de métier précisément parce que le niveau technique et le coût unitaire des armements sont devenus trop élevés pour une année de conscription. Cela épargnera aux simples civils d'aller se faire tuer sur les champs de bataille, mais non de servir de cibles aux professionnels de l'autre bord.

devant la *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) qu'il préside ; il publie son discours en 1903 dans *Nature,* la grande revue qu'il a fondée en 1869 et dirige jusqu'en 1918. Ici encore, on peut accuser Lockyer de se livrer à une autre sorte de rhétorique : son but est d'utiliser le modèle allemand pour convaincre les politiques de financer la recherche et de créer de nouvelles universités [46]. Il y a cependant tout lieu de penser que Lockyer croyait à ce qu'il écrivait. Dans les faits, la Grande Guerre sera pour les scientifiques anglais (et pas seulement pour les Anglais) l'occasion d'affirmer énergiquement et publiquement leur compétence bien avant que le gouvernement n'y ait recours ; ils en retireront quelques modestes bénéfices pour leur corporation en attendant la beaucoup plus fructueuse occasion suivante. Faite en 1940, la déclaration de Hardy aurait donc encore pu être à la fois une description férocement ironique de la réalité britannique et une énorme provocation à l'égard de ceux qui utilisaient les mathématiques et les sciences aux fins qu'il mentionne. L'importance des subventions à la recherche aéronautique ne contredit pas ce qui précède.

Le fait que certains cherchent à ridiculiser Hardy montre assez qu'ils sont bien conscients de la provocation. L'un de mes anciens condisciples à l'Ecole normale, Paul Germain, m'a fait observer un jour que le CEDOCAR [47] contient une section mathématique des

---

[46] Voir la citation p. 6 de l'article d'Edgerton, ainsi que Cardwell, p. 195 et Alter, pp. 91-97. On trouve d'autres discours à la BAAS dans George Basalla et autres, *Victorian Science.* (Anchor Books, 1970). « *Il y aurait une formidable stupeur dans les couloirs du ministère des finances si nous réclamions simplement que la grande métropole [Londres], avec ses quatre millions d'âmes, soit hissée à un niveau d'excellence académique comparable à celui de Strasbourg (104 000 habitants), et reçoive donc annuellement, à l'instar de cette ville, 43 000£ pour l'enseignement supérieur et 700 000£ pour les bâtiments universitaires* » (Léon Playfair, 1885 ; il n'y avait pas d'université à Londres à cette date). Playfair note aussi les « *gigantesques efforts* » de la France – 80 millions de francs, dont 13 millions pour le secteur scientifique – pour rattraper son retard (1 £ = 25 francs). Le Second Empire avait, agrandi les surfaces de 480 m^2…

[47] Enorme centre militaire de documentation technique à la disposition des ingénieurs et scientifiques français autorisés à le consulter. Il fait payer les photocopies en libre service 3,30 F la page contre 0,50 F au maximum dans n'importe quelle

plus honorables. L'ironie de ce collègue revenait à dire que même si vous ne voulez pas vous compromettre avec l'armement, l'armement vous exploitera si vos travaux sont utilisables. Il est de fait que tout travail scientifique publié est à la disposition de tous les utilisateurs potentiels, y compris du cartel de la drogue colombien s'il a des problèmes en agronomie, neurophysiologie, chimie organique et analytique, recherche opérationnelle, banques de données, cryptologie, traitement du signal, contrôle de tir, explosifs, etc. Ce n'est pas une raison suffisante pour l'aider à les résoudre ou le prier de subventionner des colloques internationaux sur le théorème de Fermat ou les récepteurs de la cocaïne. Au cours des guerres du XXe siècle, sans même utiliser les armes scientifiques maximum de la guerre froide et pour les raisons ou sous les prétextes les plus divers, la corporation politico-militaro-industrielle a tué directement ou non au bas mot une centaine de millions de personnes, en a estropié bien davantage et déplacé on ne sait combien de dizaines de millions ; les exploits des trafiquants d'héroïne relèvent de l'artisanat.

Germain, qui fut le premier mathématicien appliqué en France après 1945, a fait carrière dans la mécanique des fluides, les équations de Navier-Stokes et l'aérodynamique supersonique, ailes delta notamment dès 1950 ; technique favorite de Marcel Dassault [48] pour

---

boutique du Quartier Latin, et 140 F pour *chaque* document emprunté contre zéro ailleurs, ceci sous prétexte que le Centre paie les documents qu'il acquiert.

[48] C'est en proposant à l'armée de l'air un avion (à hélice) de « police coloniale », le MD 315 Flamant, que Marcel Dassault, déporté à Buchenwald pendant la guerre, acquiert en 1945-1947 le moyen de se relancer dans la production ; viennent ensuite le plan Marshall (l'Amérique l'aide en faisant cadeau à la France ou en envoyant à la ferraille ou en Israël les avions qu'elle lui achète sans en avoir besoin), l'OTAN, la « force de frappe » française et, surtout à partir de 1970, des exportations massives, principalement vers le Moyen-Orient. Voir Marie-Catherine Dubreil dans *La France face aux problèmes d'armement 1945-1950* (Centre d'études d'histoire de la défense, éd. Complexe, 1996) et Emmanuel Chadeau, *L'industrie aéronautique en France 1900-1950. De Blériot à Dassault* (éd. Fayard, 1987), dernier chapitre et p. 431. Selon Jean Doise et Maurice Vaïsse, *Politique étrangère de la France. Diplomatie et outil militaire, 1871-1991* (éd. du Seuil, 1992), p. 522, le plan quinquennal (1951-1955) d'équipement militaire, qui prévoyait la fabrication de 1 050 chasseurs Ouragan (à réaction et ailes delta) principalement pour l'OTAN, fut mis au point par le chef d'état-major et le

les avions de combat que son entreprise est seule en France à produire, elle n'a, en un demi-siècle, jamais eu d'application civile sauf peut-être au Concorde, la plus grande catastrophe économique de l'histoire mondiale de l'aéronautique, et à ses semblables américain et soviétique plus ou moins mort-nés. M. Germain a, en 1962-1967, dirigé l'ONERA, l'organisme militaire de recherche aéronautique créé en 1946, et y dirigeait déjà un groupe de chercheurs en 1950 ; professeur à Poitiers où il organise un important centre de mécanique des fluides, puis à la Faculté des sciences de Paris (1959) et à Polytechnique (1977), il est secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences depuis 1975.

Celle-ci décerne depuis 1954 un prix Lamb destiné à récompenser les auteurs de travaux d'intérêt militaire [49] ; l'association *Science et*

---

colonel Gallois. Représentant la France au groupe des plans nucléaires de l'OTAN, Gallois joua dans les années 1950 un rôle très important pour convertir les dirigeants français à l'arme atomique et élaborer la providentielle stratégie gaulliste de la « dissuasion du faible au fort ». En 1958, alors que Dassault commençait à préparer les Mirage IV destinés à la mettre en œuvre, Gallois entre chez le fournisseur pour un quart de siècle comme directeur commercial ; cette position de juge et partie ne l'empêchera pas de continuer à propager abondamment ses idées sans presque jamais mentionner ses liens avec Dassault.

Tout cela mériterait davantage de clarté que l'hagio-biographie de Claude Carlier, *Marcel Dassault. La légende d'un siècle* (éd. Perrin, 1992) est loin de fournir : il faudra attendre l'ouverture des archives de l'entreprise…

Quant à la nécessité d'une « police coloniale » en 1915, elle est, claire. Au début de mai 1945, la répression d'une révolte en Syrie fait, un millier de morts ; quelques jours plus tard, au lendemain même de la victoire de la « liberté » en Europe, la répression d'une révolte dans la région de Constantine fait, selon les sources françaises, entre cinq et vingt mille morts. On voit ensuite à la fin de 1910 le bombardement de Haïphong par la flotte française (cinq mille morts ?) puis la répression à Madagascar eu 1947 avec à nouveau quelques dizaines de milliers de morts, et ainsi de suite jusqu'en 1962, après quoi viendra le maintien de l'ordre dans l'Afrique francophone décolonisée.

[49] Il est décerné par une commission composée d'académiciens habilités au secret militaire ; l'Académie dans son ensemble se borne à entériner le choix de la commission. L'Académie décerne aussi depuis 1993 un prix Lazare Carnot, financé par le ministère des Armées. Son premier titulaire, Pierre Raviart, professeur à Paris VI et à Polytechnique et mathématicien de l'école Lions, l'a obtenu pour ses travaux de mécanique des fluides.

Défense mentionnée dans ma préface décerne un prix analogue. Au premier congrès de celle-ci, tenu à l'Ecole polytechnique le 27 avril 1983 devant treize cents invités, c'est naturellement M. Germain qui fut chargé par le Président et les membres de l'Académie de « *transmettre leurs félicitations à ceux qui ont pris l'initiative d'organiser cette manifestation* ». Il nous dit que « *tout le monde s'accorde* [50] *à reconnaître la nécessité de développer des liens entre la Recherche et la Défense* », que rechercher des contrats militaires doit être encouragé mais qu'il faut aller plus loin, qu'il convient de favoriser et de réaliser, sur des thèmes privilégiés tout au moins, une symbiose des recherches civiles et militaires. Et la méthode indiscutablement la meilleure pour assurer le transfert des connaissances et des savoir-faire est de rendre possible la « mobilité des personnels » et, bien sûr, au premier chef, la mobilité des enseignants et des chercheurs dépendant des secteurs civils et militaires. Hardy aurait apprécié.

---

[50] Dans les deux pages qu'il consacre à célébrer l'événement, *Le Monde* du 27 avril 1983 révèle à ceux qui l'ignoraient que « *dans une discipline comme la physique des particules,* [on trouve] *autant de chercheurs réfractaires que de chercheurs favorables à une coopération avec les militaires. Il arrive même parfois que la DRET éprouve des difficultés à trouver des équipes dans certains domaines.* » Le manque d'enthousiasme ou l'hostilité de la plupart des physiciens à l'égard de la bombe H française de 1968 est noté par Alain Peyrefitte dans *Le mal français* (éd. Plon, 1976), p. 83, et par Jacques Chevallier, directeur des applications militaires au CEA, au colloque sur *L'aventure de la bombe* (éd. Plon, 1985), p. 101. Dominique Mongin fait la même constatation à propos de la bombe A sous la IVe République.

En sens inverse, il faut noter qu'à côté des grandes réunions générales "Science et Défense" à Paris, de nombreuses réunions moins importantes sont organisées en province pendant toute l'année ; le directeur adjoint de la DRET note en octobre 1987, dans la revue *La Recherche,* qu'elles ont déjà été suivies par 8 000 personnes dont environ 30 % d'universitaires et que la réserve à l'égard de la DRET a largement disparu dans les milieux scientifiques. Ceci n'aurait rien d'étonnant puisque, depuis 1981, la France a, sauf pendant quelques années, été gouvernée par des socialistes qui se sont empressés de faire la même politique militaire (parfois en pire, notamment en ce qui concerne les exportations) que leurs adversaires de droite ; privée de tout support politique organisé, l'opposition à celle-ci se réduit alors nécessairement à des cas individuels que le "consensus" et la propagande médiatique n'impressionnent pas…

5. Éloge de l'aéronautique [51]

Beaucoup de gens se demandent comment il est humainement possible que les Nazis aient massacré des millions de Juifs (et de non Juifs) lors de la dernière guerre ; l'un des principaux historiens du sujet nous fournit une explication fort vraisemblable [52] :

> « La Première Guerre mondiale témoigne clairement de la brutalisation massive du XXe siècle ; dans l'histoire de l'humanité, cela constitue un virage majeur. C'est la première fois que se produisaient des massacres de masse d'une telle ampleur entre nations civilisées. Le meurtre, la mutilation et le gazage de millions de soldats des deux camps ont brisé plus d'un tabou et émoussé de façon décisive le sens moral des hommes. On ne peut expliquer Auschwitz sans le rapporter à la Première Guerre mondiale. »

Il y a toutefois un autre point important que le texte de Bauer ne mentionne pas, à savoir l'intervention d'une nouvelle arme, l'aviation

[51] Principales références utilisées : Emmanuel Chadeau, *L'industrie aéronautique en France, 1900-1950, de Blériot à Dassault* (éd. Fayard, 1987) et *Le rêve et la puissance. L'avion et son siècle* (éd. Fayard, 1996) ; Williamson Murray, *Luftwaffe. Strategy for Defeat 1933-1945* (Grafton/Collins, 1988) ; H. Bruce Franklin, *War Stars. Superweapons and the American Imagination* (University of North Carolina Press, 1988) ; Max Hastings, *Bomber Command* (Michael Joseph, 1979 ; Pan Books, 1981) ; Michael Sherry, *The Rise of American Air Power : The. Creation of Armageddon* (Yale UP, 1987) ; Patrick Facon, *Le bombardement stratégique* (éd. du Rocher, 1996) ; Ronald SchafFer, *Wings of Judgment. American Bombing in World War II* (Oxford UP, 1985) ; Frederick M. Sallagar, *The Road to Total War* (Van Nostrand, 1969). Voir aussi l'exposé de Kenneth P. Werrell, *Blankets of Fire. U.S. Bombers over Japan during World War II* (Smithsonian Institution Press, 1996), remarquable par sa précision Chadeau, dans *Le rêve…* propose à ses lecteurs une abondante bibliographie, mais son utilité est très faible puisqu'il ne la cite jamais dans son texte.

[52] Yehuda Bauer, *A History of the Holocaust* (Franklin Watts, 1982, pp. 58-59). Cité dans Eric Markusen and David Kopf, *The Holocaust and Strategic Bombing. Genocide and Total War in the Twentieth Century* (Westview Press. 1995), p. 30.

qui, tout en relevant à l'époque principalement de la technique, voire de l'artisanat, recevra du début de son existence à nos jours l'aide d'une communauté scientifique internationale de plus en plus importante – mécanique des fluides et aérodynamique notamment –, en attendant les experts en analyse numérique, informatique et électronique. Arrêtons-nous un moment devant cette belle technique.

Cette autre « *major new departure* » est prévue dès 1908 par Herbert Georges Wells et autres romanciers pour lesquels ce n'est encore que de la science-fiction appuyée sur une vision pessimiste mais réaliste de la « civilisation » de l'époque. Elle l'est aussi par Clément Ader qui, lui, fait activement campagne pour la promouvoir concrètement ; avec son « avion » explicitement militaire des années 1890 – il pense déjà au maintien de l'ordre en Algérie –, il avait été le premier ingénieur de l'aéronautique à faire financer par les militaires (500 000 francs-or) un mirifique projet ultra secret, n'ayant de ce fait aucune influence sur les développements ultérieurs et n'aboutissant à rien, mais possédant une inestimable valeur patriotique [53]. La vérité que rétablit M. Carlier, historien généralement dithyrambique de l'aéronautique française, est qu'un jardinier du parc de l'hôtel des Rothschild a témoigné avoir vu un jour l'objet effectuer un vol de quelques dizaines de mètres à une altitude de quelques décimètres. Un ingénieur français, M. Lissarague, a récemment effectué des essais en soufflerie d'une maquette de l'avion n°3 d'Ader et en a conclu qu'il lui manquait peu de chose pour pouvoir voler ; mais il faut noter que les militaires désiraient un appareil capable d'emmener deux hommes à cinquante kilomètres, ce qui était légèrement utopique à l'époque.

Ce sont les frères Wright – modestes mais astucieux et obstinés marchands et fabricants de bicyclettes américains utilisant leurs propres deniers et ayant lu tous les travaux scientifiques antérieurs – qui, à la Belle Epoque, en utilisant des solutions totalement

[53] Claude Carlier, *L'affaire Clément Ader, la vérité rétablie*, éd. Perrin, 1990.

différentes de celles d'Ader, ont fait démarrer la technique ; ils proposèrent leurs machines aux gouvernements américain et européens pour leurs armées, bien sûr. Il ne faut quand même pas oublier les Français bien connus comme Ferber, un X qui se tue dans un accident comme beaucoup d'autres pionniers, Farman, Blériot, etc. Ader avait compris la nécessité de munir le « gadget » d'ailes (de chauve souris), d'un moteur à vapeur très avancé, ce que quelques autres feront aussi, et d'hélices (surréalistes) ; mais on savait tout cela depuis longtemps, notamment grâce aux études théoriques et aux modèles réduits du mathématicien George Cayley ; d'autres (Hiram Maxim et Langley par exemple) ont eu des idées analogues – et pas plus de succès – à la même époque qu'Ader ; voir les livres de Chadeau. Ader publie en 1911 *L'aviation militaire* (réédité par le Service historique de l'armée de l'air, 1990) où apparaissent déjà les idées de base du bombardement stratégique. En raison des capacités de 1914, les bombardements aériens de civils sont, au début, principalement le fait des Zeppelins dont Prandtl et von Karman avaient étudié l'aérodynamique à Göttingen et dont les aviateurs français et anglais tentent, dès le début, de détruire les usines et hangars. Les problèmes éthiques que soulèvent d'éventuels bombardements contre des cités inspirent, en novembre 1914, le Grand Amiral von Tirpitz :

> « Les Anglais ont maintenant la terreur des Zeppelins, peut-être non sans raison… Je suis partisan de la "guerre au couteau", mais je ne suis pas en faveur des "atrocités"… Les bombes isolées lancées par des machines volantes sont erronées ; elles sont odieuses quand elles frappent et tuent des vieilles femmes, et l'on s'y habitue. Mais si l'on pouvait provoquer à Londres trente incendies, ce qui est odieux à petite échelle, ferait place à quelque chose de magnifique et de puissant. » (Murray, p. 21)

En dépit des fortes réticences initiales de Guillaume II, petit-fils de la reine Victoria, les bombardements sont concentrés principalement sur Londres à partir de 1915 et « justifiés » par les effets du blocus sur la population allemande. Ils créent quelques paniques mais renforcent plutôt le moral de la population, sont d'une efficacité

militaire nulle – il est difficile de détruire l'industrie britannique en déversant au total 200 tonnes de bombes tombant à côté des objectifs – et, enfin, sont d'un coût prohibitif en matériel et en hommes. A partir de 1917, des avions moins vulnérables, les Gothas, remplacent les Zeppelins et lâchent au total 74 tonnes de bombes. Tout cela fit peu de victimes – environ quinze cents en Grande-Bretagne, beaucoup moins ailleurs – relativement aux quelque dix millions de morts de la Grande Guerre ou aux hécatombes aériennes de la suivante.

Néanmoins, ces opérations incitèrent des « penseurs » militaires et politiques, et particulièrement des Britanniques dès 1917, à élaborer pour l'avenir la théorie du bombardement stratégique ou de l'*Air power,* ainsi nommée par analogie à la plus traditionnelle *Sea power*. La *Royal Air Force* (RAF) indépendante sort de là en vue de lancer une campagne intensive de bombardements sur l'Allemagne en 1918-1919. Au cours des années qui suivent la guerre, le général italien Douhet (qui n'a pas appris à piloter mais déverse à jet continu sa propagande hystérique en faveur de la « *guerre aérochimique* »), l'historien militaire anglais Liddell Hart, le major anglais J.F.C. Fuller, le très entreprenant colonel américain Mitchell qui, peut-être inspiré par le grand tremblement de terre de Tokyo et les incendies qu'il provoqua en 1923, parle avec un tact exquis des « *maisons de bois et de papier japonaises* » [54], Hugh Trenchard, le chef de la RAF, et

[54] Trois semaines avant Pearl Harbor, le général Marshall, chef de l'armée de terre et de son aviation, déclarera à son tour qu'en cas d'attaque japonaise « *les Forteresses Volantes seront immédiatement envoyées pour mettre en flammes les villes de papier japonaises* » ; deux jours après Pearl Harbor, un général dira que « *la meilleure façon de compenser cette défaite initiale est peut-être de brûler Tokyo et Osaka.* » *;* Sherry, p. 109 et 116, qui observe ailleurs que l'attaque contre Pearl Harbor visait et frappa des objectifs strictement militaires. A propos du bombardement de Tokyo, M. Chadeau, *Le rêve et la puissance,* se borne à dire (p. 280) que « *la plupart des maisons, faites de bois et de papier, s'enflamment comme des torches* » sans référence à Mitchell ; son lecteur peut donc croire qu'il s'agit d'une simple remarque en passant de l'auteur. Voir aussi Franklin, *War Stars,* chap. 5, notamment p. 98 : « *These towns, built largely of wood and paper, form the greatest aerial targets the world has ever seen.* » (Mitchell, 1932).

bien d'autres élaborent la stratégie de la guerre totale aérienne qui, pendant la guerre suivante, triomphera en Grande-Bretagne et aux USA, mais non en Allemagne ou en URSS.

Dès cette période apparaissent les idées essentielles : disloquer les industries clés de l'ennemi et en particulier l'armement, les transports et les centres de communications, et provoquer dans la population ennemie des réactions suffisamment fortes pour qu'elle impose la paix à son gouvernement ; les crétins qui les élaborent ont pourtant vu l'inverse se produire à Londres, il est évident que cette stratégie exigerait des moyens matériels sans aucun rapport avec ceux de l'époque et il se pourrait que l'adversaire dispose de défenses rendant le coût de l'opération prohibitif, voire même qu'il adopte la même stratégie avec des moyens plus puissants : détails secondaires. Trenchard précise qu'il faudrait « *frapper la partie la plus sensible de la population allemande – à savoir, la classe ouvrière* » (Murray, p. 25).

Quant à ce que signifierait concrètement une utilisation des bombardements stratégiques, elle est assez claire même avec les moyens encore fort limités de l'époque. Le 29 avril 1925, dans un discours à la *Cambridge University Aeronautical Society*, le même Trenchard, dont les disciples directs, notamment Arthur Harris, *The Butcher,* dirigeront les opérations au-dessus de l'Allemagne lors de la guerre suivante, se livre à une extraordinaire déclaration :

> « Je ne veux pas que vous pensiez que je considère l'aviation militaire comme une pure bénédiction. Elle constitue probablement plus une bénédiction pour cet empire que pour tout autre nation au monde, mais j'ai le sentiment que tout le bien qu'elle pourra nous apporter en termes de vies civiles épargnées ne compensera jamais les dommages qu'elle est susceptible d'occasionner en temps de guerre, et si j'avais mon mot à dire, je dirais qu'il faut abolir l'aviation militaire. C'est à mon avis une arme de guerre infiniment plus nocive qu'aucune autre. » [55]

---

[55] Cité par Philip Noel-Baker, *The Private Manufacture of Armaments* (1936, reprint Dover, 1972), p. 22. Il se trouvera en 1943 un sénateur américain pour déclarer que l'aviation est l'invention la plus catastrophique qui se soit abattue sur le genre humain.

Pour Douhet, l'aviation rend caduque la traditionnelle distinction entre militaires et civils et transforme les agglomérations urbaines en objectifs légitimes :

> « L'humanité et la civilisation peuvent détourner les yeux, mais c'est ce qui arrivera inévitablement. Et du reste la distinction entre combattants et non-combattants est démodée. Aujourd'hui, ce ne sont pas des armées mais des nations tout entières qui font la guerre ; et tous les citoyens sont des belligérants et sont tous exposés aux dangers de la guerre. »

En 1925, époque où la crainte d'une guerre entre la France et la Grande-Bretagne (!) est temporairement prise au sérieux, Liddell Hart, dans un livre curieusement intitulé *Paris, or the Future of War,* se livre à une intéressante comparaison :

> « Imaginez un instant que Londres, Manchester, Birmingham et une demi-douzaine d'autres grands centres soient simultanément attaqués, les districts commerçants et Fleet Street démolis, Whitehall transformé en amas de ruines, les quartiers pauvres affolés au point d'échapper à tout contrôle et de se lancer dans le pillage, les voies ferrées coupées, les usines détruites. La volonté générale de résister ne disparaîtrait-elle pas, et à quoi servirait la fraction de la population encore déterminée sans organisation ni direction centralisée ? » (Hastings, p. 47)

Winston Churchill, la même année, a de curieuses prémonitions :

> « Ne pourrait-on trouver une bombe pas plus grosse qu'une orange et possédant le secret pouvoir de détruire tout un bloc d'immeubles – mieux, de faire sauter une ville d'un seul coup d'un seul en concentrant en elle la force de mille tonnes de cordite [56] ? Des explosifs, ne seraient-ce que ceux des types actuels, ne pourraient-ils être guidés automatiquement, grâce à la radio ou à d'autres rayons, en une procession ininterrompue de machines volantes, vers une cité hostile, un arsenal, un camp ou un entrepôt ? » [57]

Pas totalement naïf, le même reconnaîtra toutefois en 1934 que :

---

[56] La poudre utilisée par l'artillerie navale.

[57] Cité par A. J. Pierre, *Nuclear Politics : The British Experience with an Independent Strategic Nuclear Force, 1939-1970* (Londres, 1972), p. 11.

> « Londres est une formidable vache grasse [*a tremendous fat cow*], une précieuse vache grasse vouée à attirer les bêtes de proie. » (Sallagar, p. 13)

Ce n'est pas, à beaucoup près, le seul génie de la stratégie et de la politique qui aura préconisé des méthodes dont il savait pertinemment qu'elles lui retomberaient littéralement sur la tête.

Ces idées, en Grande-Bretagne, sont renforcées par l'expérience de la Grande Guerre : on veut absolument éviter de recommencer la guerre de tranchées avec ses horreurs et son gaspillage insensé de vies humaines et de matériel ; l'aviation stratégique, en raccourcissant la guerre, remplira ainsi une mission quasi philanthropique, même si les civils ennemis doivent en payer le prix.

Indépendamment des querelles inter-armes (aux USA, l'insolent Mitchell passe en conseil de guerre et est chassé de l'armée), l'État-Major anglais n'est toutefois pas toujours d'accord parce que la position géographique du pays le rend très vulnérable à cette stratégie. Celle-ci soulève au surplus des problèmes éthiques préoccupant le gouvernement de Sa Majesté et tout particulièrement les marins, un amiral remarquant, avec une louable prescience, que :

> « Le recours à des atrocités, expressément répudiées dans le cas de la guerre sur mer, semble être un principe fondamental de la guerre aérienne. »

Trenchard répond que, éthique ou pas :

> « Dans un combat pour la vie toutes les armes disponibles ont toujours été utilisées et le seront toujours. Tous les participants à la dernière guerre ont commencé à le faire, et ce qui a été fait le sera à nouveau. » (Sallagar, p. 12)

Il y a aussi bien sûr, dans la Grande-Bretagne d'avant 1939, des civils qui ne sont pas d'accord. Le *Times*, en 1933, estime que bombarder la capitale de l'ennemi constituerait « *une banqueroute de l'art de gouverner* ». Bernard Shaw, de son côté, notant que les grandes villes dépendent

« d'organes mécaniques centralisés comme de grands cœurs et artères d'acier qui pourraient être écrasés en une demi-heure par un *boy* dans un bombardier. »

Il y a encore, le 10 novembre 1932, le célèbre discours du Premier Ministre Stanley Baldwin à la Chambre des Communes, discours qu'il serait difficile de ne pas citer en raison de son ton extraordinairement prophétique (substituez *missile* à *bombardier*) :

« Je pense qu'il est bon pour l'homme de la rue de comprendre qu'il n'existe sur la terre aucune moyen de lui éviter d'être bombardé. Quoi qu'on puisse lui dire, le bombardier passera toujours. La seule défense est l'offensive, ce qui signifie que vous devez tuer plus de femmes et d'enfants plus rapidement que l'ennemi si vous voulez vous sauver vous-même. Je ne mentionne cela… que pour que les gens comprennent ce qui les attend lorsqu'arrivera la prochaine guerre. »

On ne peut s'empêcher de réfléchir au fait qu'après les centaines de millions d'années pendant lesquelles la race humaine a habité cette terre, c'est seulement au cours de notre génération que nous avons conquis la maîtrise de l'air. Je ne sais assurément pas ce que ressent la jeunesse du monde, mais les hommes plus âgés ne se réjouissent pas à l'idée qu'ayant conquis la maîtrise de l'air, nous allons souiller la terre depuis les airs comme nous avons souillé le sol durant toutes les années au cours desquelles l'humanité l'a occupé. C'est beaucoup plus une question pour les hommes jeunes que pour nous. Ce sont eux qui volent (Hastings, p. 50).

Les aviateurs répondent :

« A l'âge des tueries industrialisées, il est ridicule de tracer une ligne artificielle quelque part entre une fabrique de tanks et le front. »

Un propagandiste de l'*Air Power* expliquant (Hastings, p. 48-49) que, pour éviter les pertes humaines, il suffirait d'attaquer pendant la nuit :

« les établissements qui ne sont occupés que pendant la journée, comme le sont beaucoup de grandes usines. » (sauf en temps de guerre)

En 1928 un Vice-Marshal de la RAF avait déjà expliqué que tous les objectifs assignés à ses bombardiers sont militairement importants :

> « Autrement les pilotes, s'ils étaient capturés, seraient exposés à être traités en criminels de guerre. » (Hastings, p. 53),

Hypothèse fort heureusement trop pessimiste comme l'avenir le montrera, sauf au Japon après mars 1945 au grand scandale des Américains.

Cette stratégie, qui convient parfaitement aux aviateurs et aux industriels de l'aviation, provoque évidemment partout beaucoup de discussions entre militaires jusqu'à la guerre suivante, notamment parce que ni les fantassins ni les marins ne veulent se laisser ravir leur part du budget en temps de paix et, la gloire de la victoire en cas de guerre. Conscients de la vulnérabilité de Paris, les Français la refusent, les Allemands et surtout les Soviétiques donnant, de leur côté, la priorité au rôle de l'aviation dans les batailles terrestres.

Comme on le sait, la théorie fut appliquée à grande échelle par les Anglais et les Américains, tout d'abord par les premiers sous la forme de « bombardements de précision » contre des objectifs militaires, usines et voies ferrées notamment ; mais en août 1941, un examen systématique des photographies révèle que le tiers seulement des appareils ayant « attaqué » leurs cibles et donc lâché leurs bombes sont parvenus à moins de cinq miles de celles-ci (et, 10 % seulement au-dessus de la Ruhr), sans parler de ceux qui se perdent en route. Le remède choisi consiste alors à bombarder globalement les cités puisque, dans ce cas, les bombardements

> « auraient au moins pour résultat de tuer, détruire, effrayer ou perturber les Allemands en Allemagne, et la totalité des efforts déployés serait efficace, pas seulement 1 %. » (Sallagar, pp. 99-101)

Loin d'être négligeables, les bombardements allemands, effectués par des bimoteurs et ne durant guère plus de six mois, firent 50 000 morts, mais les bombardements alliés en Allemagne et au Japon en firent vingt fois plus, avec des dizaines de villes rasées. Et même

ailleurs : tout le centre du Havre, ma ville natale encerclée en septembre 1944 par les troupes alliées, fut nivelé et incendié en deux heures par quelque 350 quadrimoteurs britanniques pour des raisons qui restent inconnues et incompréhensibles ; 3 000 morts au moins ; les Allemands et leurs défenses étaient à des kilomètres de là et furent ensuite l'objet, dans la même semaine, d'une demi-douzaine de raids aussi puissants. Lorsqu'avec ma future femme je suis allé en reconnaissance au Havre pour y retrouver la maison de ses parents (qu'ils avaient dû évacuer deux ans auparavant car trop proche du port et de la plage), nous avons été dans l'impossibilité de découvrir le moindre objet familier qui aurait pu nous la faire repérer. Après avoir brûlé pendant plusieurs jours, le centre du Havre n'était plus qu'un champ de gravats à peu près horizontal, ne dépassant guère la hauteur d'un homme et dans lequel l'armée canadienne avait grossièrement déblayé quelques passages. Selon Patrick Façon, le centre du Havre reçut 1 800 tonnes d'explosifs et 30 000 bombes incendiaires.

Le premier grand raid de nuit sur Tokyo, le 9 mars 1945, détruit 40 km^2 de quartiers d'habitation et tua 80 000 personnes « *scorched and boiled and baked to death* » comme le dira en 1956 le général LeMay [58] qui commandait les B-29 ; dans les avions secoués comme

---

[58] John Dower, *War Without Mercy. Race and Power in the Pacific War* (Random House, 1986), p. 41. LeMay s'est exprimé dans les mêmes termes dans une interview plus récente par un historien, ajoutant que si l'Amérique avait perdu la guerre c'est lui qui se serait trouvé au banc des accusés à la place des criminels de guerre japonais ; on trouve beaucoup de citations de LeMay dans Rhodes, *Dark Sun,* qui, p. 347, estime à 2,5 millions les civils japonais tués par les bombardements mais, pour une fois, sans référence précise à sa source ; les autres sources citent des chiffres inférieurs à 900 000. Pour comprendre concrètement ce qu'étaient les bombardements aériens, lire par exemple Hastings, exposé systématique sur les opérations britanniques, Martin Middlebrook, *The Battle of Hamburg. The Firestorm Raid* (Penguin Books, 1984) et autres titres analogues du même auteur, Sherry, Schaffer et Werrell. La théorie et son histoire peuvent se trouver en français dans Patrick Façon, *Le bombardement stratégique,* par un chercheur du Service historique de l'armée de l'air qui connaît la littérature mais omet les descriptions réalistes et nombre de citations fort révélatrices que mentionnent les historiens anglais ou américains ; il omet notamment, comme Chadeau, la terrible déclaration de LeMay.

des feuilles mortes par les colonnes d'air surchauffé qui montent des brasiers, l'odeur de chair humaine grillée donne des nausées aux équipages, nous dit Sherry.

On croit souvent que c'est la bombe atomique qui a forcé les Japonais à capituler. La question est fort controversée. En fait, le Japon d'août 1945 était totalement vaincu. Hiroshima et Nagasaki n'ont pas, sur le moment, davantage impressionné les militaires – ils n'y comprenaient rien – que, par exemple, le grand bombardement de Tokyo. Le gouvernement tentait depuis trois mois d'entrer en contact avec les Américains par l'intermédiaire des Soviétiques, peu coopératifs puisqu'ils étaient censés entrer dans la guerre trois mois après la victoire en Europe et espéraient bien s'emparer de la Mandchourie. La principale condition posée par les Japonais était le maintien de l'Empereur ; les Américains le refusèrent pour l'accorder après la capitulation. Beaucoup d'experts pensent que le blocus naval du Japon, total à partir du printemps 1945 et privant le pays des matières premières et produits alimentaires indispensables, a davantage contribué à la capitulation que les bombardements. Enfin, l'invasion soviétique de la Mandchourie au lendemain d'Hiroshima et la défaite immédiate de l'armée japonaise attaquée firent autant d'effet que la bombe sur le gouvernement japonais.

D'un autre côté, les militaires japonais, y compris au niveau maximum, parlaient encore après Nagasaki d'un dernier combat contre l'invasion américaine prévue et auraient pu bloquer la capitulation : il aurait suffi à leurs représentants au Cabinet d'en démissionner. L'intervention de l'Empereur fut apparemment décisive et les Américains eux-mêmes furent fort surpris de la rapidité de la décision.

On croit souvent aussi que la bombe atomique a « sauvé un million de vies américaines » en rendant inutile l'invasion prévue. La guerre du Pacifique a fait 100 000 morts dans l'armée américaine et 900 000 dans l'armée japonaise ; entre mars 1944 et avril 1945, le rapport des pertes est de 22/1 d'après le général Mac Arthur. Lors de la dernière grande bataille, la prise d'Okinawa, les Américains perdent en 80

jours 12 500 hommes et des navires attaqués par les avions-suicide, pertes considérées comme effroyables par le président Truman (on a souvent fait mieux en un seul jour pendant la Grande Guerre ou, pendant la seconde, sur le front de l'Est) ; mais les Japonais perdent de 90 000 à 120 000 militaires et largement autant de civils. Une invasion qui aurait coûté un million de vies américaines suppose donc que les Japonais auraient accepté de perdre (et les Américains de tuer) 10 à 15 millions de personnes, plus les blessés ; peu vraisemblable malgré les rodomontades de quelques militaires dérangés.

Truman lui-même a parlé d'abord de dizaines de milliers, puis de 200 000 morts et pour finir, dans ses notes pour ses mémoires, de 500 000 *casualties* – morts, blessés et disparus –, estimation « rectifiée » en autant de morts par ceux qui les ont effectivement rédigés. Le chiffre d'un million de vies américaines sauvées est cité en août 1945 par Churchill, à l'automne devant le Congrès par le chef du projet atomique, et en 1947 par le Secrétaire d'État Henry Stimson.

En fait, on sait maintenant que les plans américains pour l'invasion de Kyushu (novembre 1945) et si nécessaire de la plaine de Tokyo (printemps 1946) ne prévoyaient guère plus de quelques dizaines de milliers de morts dans chaque cas au cours des premiers mois d'opérations ; le général MacArthur ne prévoyait pas, au printemps de 1945, des pertes sensiblement supérieures à celles des opérations précédentes [59].

---

[59] Cette question a provoqué une énorme polémique aux États-Unis lorsque le Musée de l'air et de l'espace de la *Smithsonian Institution*, désirant monter une grande exposition pour le cinquantième anniversaire d'Hiroshima, fit appel à des historiens qui, à coups de citations et d'extraits d'archives, démolirent la vision traditionnelle du sujet et particulièrement le mythe du million de vies sauvées. Les associations d'anciens combattants exercèrent sur le Sénat une pression telle que le directeur de la *Smithsonian Institution* dût démissionner et que les citations, notamment celles de dangereux subversifs comme MacArthur et Eisenhower, durent disparaître. Le directeur démissionné a relaté l'affaire dans un livre extraordinaire, Martin Harwitt, *An Exhibit Denied. Lobbying the History of the Enola Gay* (Springer, New York, 1996),

Après Hiroshima et Nagasaki, le général Arnold enverra encore 828 B-29 et 186 chasseurs d'accompagnement bombarder Tokyo le 14 août sans la moindre perte américaine, mis à part sans doute des amerrissages forcés d'avions ralentis par le *jet stream* – ce sont les B-29 qui le découvrent – et manquant de carburant. Au total, une soixantaine de villes japonaises seront plus ou moins dévastées.

Seules, les deux puissances anglo-saxonnes engouffrèrent des sommes astronomiques dans ce type d'opérations [60], les seules susceptibles de frapper directement les territoires nationaux de l'ennemi pendant longtemps. La stratégie, dans le cas de l'Allemagne, se révéla très largement fausse sauf peut-être au cours des derniers mois de la guerre ; elle immobilise certes des ressources – hommes, chasseurs, canons, etc. – qui auraient pu être affectés au front de l'Est par exemple, mais la production d'armements en général est

---

formidable plongée dans l'Amérique profonde. L'Enola Gay est l'avion qui lâcha la bombe et le titre fait allusion au fait que l'histoire du sujet a fait l'objet d'une campagne de *lobbying* auprès du Congrès ayant pour but de maintenir la version "politiquement correcte" traditionnelle. Pour une mise au point récente par un top expert, voir l'article de Barton J. Bernstein dans le numéro du printemps 1995 de *Diplomatic History* (vol. 19, n° 2) et, pour une défense du point de vue traditionnel, D. M. Giangreco, "Casualty Projections for the U.S. Invasions of Japan, 1945-1946 : Planning and Policy Implications" (*The Journal of Military History,* 61, July 1997, pp. 521-82).

[60] Le principal bénéficiaire en fut naturellement l'industrie aéronautique américaine. La production passe de 1 710 appareils en 1937 à 96 000 en 1944, absorbant environ 10 % du PNB américain ; l'emploi culmine à 1 350 000 personnes en 1943 ; la valeur des installations passe de 110 millions en 1939 à quatre milliards en 1944, financés à 90 % par le gouvernement, et le chiffre d'affaires de 150 millions à huit milliards, ou seize en comptant les sous-traitants. L'Amérique produit près de 40 000 quadrimoteurs, expérience qui, après la guerre, lui assure une suprématie totale dans le domaine des transports civils. Voir Herman O. Stekler, *The Structure and Performance of the Aerospace Industry* (University of California Press, 1965). La production militaire s'effondre en 1945 et les avions civils qui, eux, ne disparaissent pas après une trentaine de missions, ne suffisent pas à faire vivre les entreprises ; l'industrie est sauvée en 1947 par les programmes militaires et la course aux armements qui bat son plein par la suite. La production n'a, depuis, jamais cessé d'être en majorité militaire, jusqu'à 80 %, comme c'était déjà le cas partout avant la guerre.

largement quadruplée entre 1939 et 1944, elle est même multipliée par quatorze pour les moteurs d'avion.

Au lieu de détruire le moral des citadins sinistrés comme prévu par d'éminents psychologues, les bombardements les solidarisent et sèment la haine des Anglo-Saxons comme le montre par exemple la synthèse de Pierre Ayçoberry, *La Société allemande sous le III*e *Reich* (éd. du Seuil, 1998). Fausse ou non et avant même d'être appliquée, *a fortiori* après l'avoir été, cette stratégie contribua elle aussi puissamment à « violer les tabous et à émousser de façon décisive les sensibilités ». Elle justifiera après 1945, aux États-Unis d'abord, les stratégies nucléaires considérées comme la suite « normale » de ce que l'on a déjà « commencé » pendant la Seconde guerre mondiale. Ou même la Première : si vous trouvez normal de tuer 175 civils au hasard à Londres en 1917, pourquoi pas 40 000 à Hambourg en une nuit de juillet 1943 et un million en cinq minutes à Leningrad ou Detroit la prochaine fois ? Vous voyez une différence ?

C'est la bombe atomique qui, après 1945, sauve la stratégie de l'*Air Power* en réduisant de façon drastique le matériel nécessaire à la guerre totale : en théorie, un avion et une bombe, en attendant un missile, pour raser une ville. Avec la fin de la guerre, l'immense majorité des scientifiques rejoignent les universités où vont bientôt arriver les premiers contrats militaires. Mais pour certains, en URSS autant qu'aux USA bien entendu, la fin de la guerre n'est que celle du commencement. Dès la fin de 1944, le grand homme de l'aérodynamique américaine, von Karman [61] – ancien élève et collègue de Ludwig Prandtl à Göttingen avant 1914, établi au *California Institute of Technology* depuis 1929 et maintenant

[61] Ses fréquemment cyniques mémoires, *The Wind and Beyond,* couvrent tout le développement de l'aéronautique et de la mécanique des fluides pendant un demi-siècle. Von K ne fait *aucune* allusion aux opérations aériennes de la guerre ; tout semble, pour lui, se ramener à des problèmes techniques propulsés par la situation politique et stratégique. Il a joué après 1945 un grand rôle en Europe (France y compris), notamment en y faisant créer l'AGARD, grand centre de recherche aéronautique de l'OTAN à la disposition des spécialistes européens.

principal conseiller scientifique du général Arnold qui commande l'*Air Force* –, s'attelle à la rédaction d'un rapport sur les progrès futurs de l'aéronautique militaire en s'aidant notamment d'une visite en Allemagne sur les talons de l'armée américaine [62] ; on s'y empare d'innombrables documents, notamment sur l'aérodynamique des ailes en flèche que von Karman fait adopter *in extremis* pour le futur bombardier hexaréacteur B-47. Le titre du premier des trente trois volumes du rapport (mars 1946), *Science : The Key to Air Supremacy*, parle de lui même. Il conduit immédiatement à la formation du *Scientific Advisory Board* permanent de l'*Air Force* placé sous l'autorité du chef de la R&D de celle-ci, à savoir, au début, le général LeMay. Dès mai 1945, le général Arnold expose sa vision, que Schaffer, p. 150, résume ainsi :

> « Une guerre aérienne future faisant intervenir des missiles guidés et d'énormes avions transportant des bombes de cinquante tonnes. L'aviation déverserait des gaz neurotoxiques, des nuages de poison mortel et des substances détruisant les poumons et les yeux et brûlant la peau et la chair "aussi sûrement et cruellement qu'une flamme". Un gaz plus lourd que l'air, actuellement à l'étude, s'insinuerait jusque dans les abris souterrains et, s'embrasant soudain en une boule de feu, raierait de la surface de la terre ville après ville. Des armes bactériologiques propageraient de si fulgurantes épidémies "que la simple survie deviendrait l'unique préoccupation de millions de gens rendus fous de terreur". Des engins nucléaires menaceraient d'éradiquer l'espèce humaine. Dans la guerre future, telle que l'aviation l'envisage officiellement, les seules limites à la violence résideraient dans celles de l'ingéniosité humaine à inventer de nouveaux engins de destruction et dans la crainte des représailles. »

---

[62] Von K visite notamment l'usine souterraine où les V-2 étaient fabriqués par la main d'œuvre d'un camp de concentration voisin, « *a perversion of science beyond anyone's nightmarish imagination* » (les académiciens parisiens qui ont plus tard honoré von Braun n'ont pas dû lire les mémoires de von K en dépit de ses relations locales). Il visite aussi Göttingen, épargnée par les bombardements, et rencontre son ancien maître Prandtl ; une bombe perdue ayant démoli le toit de sa maison, il demande à von K : « Pourquoi justement moi ? » Von K lui répond qu'il s'agit d'un accident. N'importe quel gavroche havrais lui aurait répondu que, si sa maison avait été touchée, cela prouvait mathématiquement qu'elle n'avait pas été visée…

Une semaine après Hiroshima, la presse américaine (von Karman & Cie bien avant) prévoit le futur mariage d'amour des V-2 améliorés et de la bombe atomique, *id est* la libération prochaine du « monstre de Frankenstein » comme l'appelle Hanson Baldwin, le critique militaire du *New York Times* [63]. On en arrivera au point où, en 1960, le plan de guerre américain envisagera, en cas de conflit majeur avec l'URSS, d'exterminer en vingt-quatre heures quelques centaines de millions d'habitants du monde socialiste [64] : les armes et les plans de vol nécessaires à son exécution étaient disponibles, les équipages s'entraînaient en permanence et le président Eisenhower, tout en se refusant à toute provocation, n'a jamais fait mystère de son intention de recourir éventuellement au *Sunday punch*, du général LeMay, devenu le chef du *Strategic Air Command* ; il ne s'agit plus de terroriser les populations ennemies : il s'agit de les exterminer purement et simplement. Le fait que ces plans soient restés des plans – on les a du reste quelque peu adoucis en visant les missiles ennemis avant la population – ne saurait faire oublier qu'ils habitaient les cerveaux de dirigeants politiques, de militaires, d'ingénieurs et de scientifiques parfaitement conscients et organisés et ayant, à la différence des Nazis, la réputation de gens civilisés et équilibrés ; il ne s'agissait pas de scénarios de science-fiction à la Wells. A en juger par ce qu'il pensait avant 1914 des potentialités de l'aéronautique et de la physique atomique, l'auteur de *The War in the Air* et de *The World Set Free* n'eût pas été surpris de ces développements.

On a noté plus haut les 500 000 francs soutirés par Clément Ader aux contribuables français. L'aéronautique américaine de la Grande Guerre extorque 600 millions de dollars aux *taxpayers* indigènes, mais ce sont les Français qui doivent équiper l'armée américaine en 1917-1918. Il y a aussi les 10 % du PNB américain de 1944. Il y a

---

[63] Paut Boyer, *By the Bomb Early Light. American Thought and Culture at the Dawn of the Atomic Age* (University of North Carolina Press, 1994), p. 9, et Franklin, *War Stars*, p. 156.

[64] Voir Daniel Ellsberg, *Secrets* (Viking, 2002), pp. 57-60.

encore l'avion à propulsion nucléaire des années 1950, abandonné après 10^9 dollars dépensés pour un engin capable en théorie de tenir l'air indéfiniment mais dont les réacteurs et le blindage contre les radiations auraient été d'un poids tel que, selon l'un des critiques du projet, tout ce qu'il aurait pu faire eût été de laisser tomber ses réacteurs sur l'ennemi [65]. Il y a aussi un peu plus tard le B-70 supersonique : deux prototypes construits, l'un s'écrase au sol en 1966 après une collision avec un chasseur d'accompagnement, l'autre atterrit en 1969 au Musée de l'Air à Wright Field : 1,5 x 10^9 dollars. Mais avant de s'écraser il sert d'argument aux constructeurs du Concorde qui le voient déjà transformé en transport civil : 18 x 10^9 Francs de 1978 selon la Cour des Comptes, pour sept appareils vendus à Air-France moins de deux cents millions de francs l'unité. Le B-70 et le Concorde suscitent le supersonique civil américain ; financé très exceptionnellement par le gouvernement [66] parce que le projet est jugé trop risqué par les constructeurs, il est abandonné lorsque le Congrès lui coupe les vivres [67] : 10^9 dollars de 1970. Les

[65] Herbert York, *Race to Oblivion* (Simon & Schuster, 1970), Chap. 4.

[66] Il ne finance en principe que son propre matériel, *id est* l'aéronautique militaire. Celle-ci profite évidemment, mais en général de façon indirecte, au secteur civil, y compris par les profits que les constructeurs réalisent sur leurs ventes militaires. Les technocrates français qui accusent actuellement le gouvernement américain de financer l'aéronautique civile par l'intermédiaire de la NASA – elle sert les deux secteurs et, maintenant, coopère avec l'Aérospatiale sur un nouveau projet de supersonique civil (SST) – devraient examiner ce qui s'est passé en France depuis 1945, pour ne pas remonter plus haut. M. Chadeau, *Le rêve et la puissance*, p. 370, s'étonne que les contribuables américains aient accepté de financer l'expédition vers la Lune mais non le Supersonic Transport. La différence est que le projet Apollo n'était pas une entreprise commerciale ; c'était un projet gouvernemental ayant une fantastique valeur symbolique.

[67] Certains prétendent que le Concorde a été « tué » par les Américains parce qu'ils ne savaient pas le faire ; François de Closets a fourni la bonne réponse : ils étaient seulement capables d'aller sur la Lune. Comme le projet de supersonique civil (SST) américain, le Concorde a été un échec parce qu'il était économiquement absurde relativement aux Boeing 747 et que les vols supersoniques prolongés étaient et restent interdits en dehors des océans. Les Américains ont « tué » leur SST en 1971 ; le Concorde a coûté deux à trois fois plus cher. Aucune compagnie aérienne ne l'a acheté

Soviétiques suivent avec leur Tupolev ; résultat analogue, facture inconnue. Et attendez celle du Rafale de Dassault. On pourrait multiplier les exemples. Les actuels B-2 « furtifs » coûtent deux milliards de dollars l'unité.

Dans l'art d'extorquer patriotiquement des sommes colossales aux contribuables éberlués, les gens de l'aéronautique sont les champions hors concours.

Sans parler, le cas échéant, des cadavres produits [68].

---

en dépit de sa supériorité proclamée, sauf Air France et BOAC qui n'en ont acquis que le minimum imposé.

Le Concorde est un parfait exemple de ce qui peut arriver lorsqu'un lobby d'ingénieurs – en France, des X drogués de performances techniques, alliés à des politiciens accusant les contestataires d'être « vendus à l'Amérique » et soutenus par un dirigeant n'ayant pas les moyens de ses prétentions à la « grandeur » – prétend injecter dans le secteur civil des techniques militaires en espérant dépasser un compétiteur qui a produit cent fois plus d'avions qu'eux. Les Américains aussi délirent au début : de profondes études de marché prévoient que 500 à 800 SST et 200 à 400 Concorde seront en service en 1990 !

Sur la psychologie des acteurs, voir André Turcat, *Concorde, essais et batailles* (1977), par un polytechnicien et pilote d'essais du Concorde devenu ensuite député gaulliste, et Henri Ziegler, *La grande aventure de Concorde* (éd. Grasset, 1976), par un autre polytechnicien qui a dirigé à partir de 1968 l'Aérospatiale construisant l'avion avec British Aerospace. L'exposé fort ambigu d'Emmanuel Chadeau dans *Le rêve et la puissance*, chap. XIV. « *rêve d'ingénieur… rêve de liberté… rêve de perfection… aventure mystique* » (!), ne se compare pas à l'étude ultra documentée de Mel Horwitch, *Clipped Wings. The American SST Conflict* (MIT Press, 1982), que Chadeau ne cite pas.

[68] On me reprochera probablement de n'avoir pas mis en lumière les bienfaits de l'aéronautique civile. Outre qu'ils ne justifient pas les horreurs, il y a sur la Terre suffisamment de propagandistes pour que je me dispense d'en rajouter. Je n'ai pas non plus les moyens d'acheter des pages entières dans la presse parisienne pour proclamer en caractères d'affiche, comme l'Aérospatiale à propos du Concorde, *Nous avons su le faire !* (mais non le vendre, détail non mentionné dans le texte).

6. Mathématiques appliquées : à quoi ?

Ceux qui, sans autre forme de procès, nous intiment l'ordre de nous soucier des applications des mathématiques auraient donc, me semble-t-il, intérêt à préciser un peu leur pensée, compte tenu du fait que les contrats de la DRET sont, depuis un quart de siècle, une quasi institution dans les centres français de mathématiques appliquées où l'on entretient souvent aussi des relations avec les centres de calcul des grandes entreprises de l'armement, notamment aéronautiques.

Outre le fait que les scientifiques ont le droit de ne pas se soucier des applications au sens où l'entend Laurent Schwartz, la question fondamentale est évidemment de savoir s'ils doivent s'intéresser à toutes les applications possibles ou s'il ne s'imposerait pas de procéder à des choix ; l'imagerie médicale et les armes nucléaires ne relèvent pas de la même conception de la civilisation [69] et les scientifiques auraient, me semble-t-il, intérêt à enregistrer cette distinction : elle n'est ni particulièrement subtile ni très nouvelle. Le complet silence sur ce point de Laurent Schwartz est d'autant plus remarquable que, quelques lignes avant ou après avoir demandé aux mathématiciens (p. 355) de se soucier des applications, il mentionne deux personnes (récemment décédées), Pierre Faurre et Jacques-

---

[69] On me fera observer que l'imagerie médicale est une retombée de la recherche militaire, usage des ultrasons dans la détection des sous-marins par exemple. La réponse à faire est qu'il eût probablement été beaucoup moins coûteux de la développer directement, comme beaucoup d'autres techniques dérivant de systèmes militaires incomparablement plus sophistiqués : identifier un sous-marin à travers 20 km d'eau grâce à sa signature acoustique est probablement plus difficile que de détecter un foetus chez une femme enceinte. Et que doit-on penser d'une « civilisation » qui serait incapable de résoudre le second problème sans résoudre le premier ?

L'utilité de la R&D militaire pour l'économie, considérée comme axiomatique jusqu'en 1970, est maintenant mise en doute par de nombreux économistes, y compris en France et même par des militaires. Voir par exemple l'article de Philippe Ricalens, contrôleur général des armées, dans la *Revue de défense nationale* d'avril 1992.

Louis Lions, dont les activités peuvent illustrer les problèmes que posent les mathématiques appliquées.

Pour Laurent Schwartz, Pierre Faurre n'est que l'un de ses très bons anciens élèves et le nouveau président du conseil d'administration de Polytechnique ; c'est exact mais incomplet. Ancien major de l'X bien connu dans le milieu des mathématiciens appliqués, M. Faurre a commencé sa carrière en publiant dans une collection dirigée par M. Lions un livre, *Navigation inertielle optimale et filtrage statistique* (éd. Dunod, 1971), rempli de mathématiques apprises notamment lors de séjours au département de l'*Electrical engineering* de Stanford et à l'*Institut de recherche en informatique et automatique* (IRIA) en 1969-1972. Il entre ensuite comme secrétaire général à la SAGEM, entreprise qu'il dirige depuis une dizaine d'années. Tout en ayant depuis peu une production très majoritairement civile – entre 1982 et 1991, le secteur militaire représentait encore de 36 à 49 % de son chiffre d'affaires –, elle produit les merveilles de la mécanique de précision que sont les centrales inertielles [70], des appareils de conduite de tir automatique à

---

[70] La navigation inertielle permet à un mobile de se guider sans le secours d'aucun point de repère ou signal extérieur. Le principe – mais non la technique, qui a du reste beaucoup évolué – en est très simple : à l'aide d'une « plateforme » rendue absolument stable par des gyroscopes tournant autour de trois axes rectangulaires et auxquels sont liés des accéléromètres ultra-précis, on mesure à chaque instant l'accélération du véhicule – avion, missile, fusée, sous-marin, etc. – dans les trois directions ; les données sont transmises à un calculateur qui intègre en temps réel les équations du mouvement, détermine la position exacte du véhicule et rectifie sa trajectoire en conséquence. Voir le curieux livre de Donald McKenzie, *Inventing Accuracy : A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance* (MIT Press, 1990). Pierre Faurre fournit quelques indications très abstraites dans sa contribution à Robert Dautray, éd., *Frontiers in Pure and Applied Mathematics* (North Holland, 1991, volume célébrant le soixantième anniversaire de J.-L. Lions) ; exposé beaucoup plus précis de D. C. Hoag, du Draper Lab, pp. 19-106 dans B.T. Feld et autres. *Impact of New Technologies on the Arms Race. A Pugwash Monograph* (MIT Press, 1971).

Dérivée des instruments à suspension gyroscopique pour la marine et l'aviation et des systèmes de guidage des V-l et V-2 allemands, la navigation inertielle a été développée après 1945 au MIT par Charles Stark Draper (1902-1987) sur des crédits en quasi totalité militaires (et NASA après 1960). Draper se proposait à l'automne 1945 de

stabilisation gyroscopique couplés à un viseur laser pour le nouveau char Leclerc [71], des systèmes optroniques pour la Marine, du matériel de télécommunications militaires, participe avec Thomson et Electronique Serge Dassault à un « Calculateur militaire français » destiné à être installé sur le nouveau porte-avions nucléaire, sur les missiles de troisième génération et sur le Rafale de Dassault dont, en liaison avec une centrale inertielle, il contrôle le pilotage dans les situations limites, etc.

J.-L. Lions, normalien, est un brillant élève de Schwartz qui a pratiquement créé l'école française de mathématiques appliquées et d'analyse numérique : ses nombreux disciples se rencontrent maintenant dans tous les secteurs et, dans les universités, se montrent parfois quelque peu entreprenants si j'en crois mes jeunes collègues. Lions est d'abord professeur à Nancy puis à Paris à partir de 1963, date à laquelle, me dit une source fiable que je préfère ne pas citer, il est déjà en relations avec Robert Lattes, Robert Galley, Robert

permettre à un avion de se diriger avec précision et de façon totalement autonome sur plusieurs milliers de km. Utilisée plus tard pour la cabine Apollo de la marche sur la Lune et, depuis 1970, dans l'aéronautique civile, la méthode, en 1945, était destinée aux futurs bombardiers stratégiques américains ne désirant pas avoir recours aux services des tours de contrôle soviétiques pour se diriger vers leurs objectifs éventuels. York, *Race to Oblivion,* note le rôle joué par Draper dans la réalisation des premiers missiles intercontinentaux américains, et Draper lui-même s'est abondamment exprimé, notamment lorsque son laboratoire a été, en 1969, la cible des étudiants de Cambridge révoltés contre la guerre du Vietnam ; le MIT a dû s'en séparer administrativement par la suite.

[71] Sur les contributions des entreprises françaises à ce programme majeur d'armement, voir "Char Leclerc. 35 milliards pour l'industrie" (*L'usine nouvelle,* 15 mai 1986). Les commandes françaises initialement prévues (1 400 chars) ayant été considérablement réduites (650 en 1991), l'Arabie Saoudite, avec quelque 450 unités, a de bonnes chances d'être le principal client d'un projet dont l'intérêt pour la défense française est des plus douteux. L'essentiel de ce char "troisième génération" à la pointe du progrès étant fabriqué dans les arsenaux de l'État, le coût total prévu était beaucoup plus élevé que les 35 milliards mentionnés par la revue. L'avenir des arsenaux qui le fabriquent en dépendant directement, l'État a dû, depuis trois ans, fournir à GIAT-Industries des apports en capital d'un montant total de onze milliards, gracieusement fournis par les contribuables.

Dautray[72] et le CEA. Professeur à Polytechnique (1965-1986) et, en 1973, élu au Collège de France et à l'Académie des Sciences qu'il préside actuellement, il a reçu de hautes distinctions internationales, par exemple un prix von Neumann[73] en 1986 et un grand prix du Japon en mathématiques appliquées en 1991. Il préside l'IRIA ou INRIA en 1980-1984 et le Centre national d'études spatiales (CNES) en 1984-1992 ; il fait ou a fait partie des conseils scientifiques de l'Electricité de France (EdF), du Gaz de France (GdF), de la compagnie des pétroles Elf, de la Météorologie nationale, de Péchiney et est depuis 1993 « Haut conseiller scientifique et spatial »

---

[72] Robert Lattes, contemporain de Lions à l'Ecole normale, passe deux ans (1956-1958) au département de physique mathématique et de calcul du CEA et est ensuite, en compagnie de deux majors de l'X, Jacques Lesourne et Robert Armand, l'un des dirigeants de la SEMA, société spécialisée en *management*, calcul économique, informatique, mathématiques appliquées, etc. ; elle produit dès 1960 un modèle mathématique de l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte et, en 1962, crée sous la direction de Lattes la Société d'informatique appliquée, dotée d'un ordinateur CDC 3 600 puis 6 600 qui aurait été utilisé par le CEA militaire pour contourner l'embargo américain. Lattes et ses deux collègues de la SEMA publient en 1970 un livre au titre ambigu, *Matière grise, année zéro,* à la gloire de l'informatique et du marketing, dont le style et l'idéologie *made in USA* sont typiques de la profession. R. Lattes entre ensuite à la Banque de Paris et des Pays-Bas qui a financé à 50 % le lancement de la SEMA en 1958. Voir l'exposé de J. Lesourne au *Deuxième Colloque sur l'Histoire de l'Informatique en France* (Paris, 1990), édité par Philippe Chatelin et Pierre Mounier-Kuhn. Robert Lattes a publié en 1967 deux livres de mathématiques plus ou moins appliquées, dont un en collaboration avec Lions.

Robert Galley, ancien élève de l'Ecole centrale, compagnon de route du général de Gaulle depuis 1940, est d'abord ingénieur dans le pétrole puis chargé des constructions du CEA de 1955 à 1966 (piles plutonigènes de Marcoule et usine de Pierrelatte) ; il est ensuite délégué à l'informatique et président du conseil d'administration de l'IRIA créé en 1966 sous Alain Peyrefitte. Il fait ensuite au parti gaulliste une carrière politique au cours de laquelle il dirige la recherche, l'industrie, la défense, les postes et télécommunications, etc.

Robert Dautray – voir plus bas – est lui aussi, à la même époque, au CEA où il s'occupe de Pierrelatte et des propulseurs sous-marins en attendant la bombe H.

[73] Voir l'exposé, purement théorique comme presque tous ses livres et articles, qu'il a fait à cette occasion dans la *Siam Review* de 1986. A lire Lions, on pourrait croire qu'il n'existe aucune différence entre les mathématiques « pures » et « appliquées », les éventuelles applications à des exemples concrets n'étant presque jamais explicitées.

chez Dassault [74], nous dit sa notice dans le *Who's Who in France* de 1996.

L'association Science et Défense que j'ai mentionnée dans ma préface dispose d'un prix destiné à récompenser chaque année les contributions scientifiques les plus éminentes à la défense du pays ; le lauréat est choisi par un jury qui, dans les premiers temps, était présidé par Louis Néel, l'un de nos prix Nobel de physique, et comprenait, outre M. Lions, quatre universitaires fort connus, MM. Delcroix (physique des plasmas, directeur scientifique de la recherche militaire en 1965-1977, directeur de l'Ecole supérieure d'électricité, autre pépinière de cerveaux pour l'armement), Hamburger (médecine), Malavard (voir plus loin) et Teillac (à l'époque haut-commissaire du CEA et organisateur de la physique des particules), ainsi que Claude Fréjacques, l'homme de l'uranium, de l'eau lourde (deuterium) et du tritium au CEA : les ingrédients de la bombe H. En 1985 par exemple, le prix a été décerné à un ingénieur du CEA pour ses travaux sur la physique des réactions

[74] Où l'on a étudié un projet européen de navette spatiale, Hermès, finalement abandonné. Restent les jets privés pour VIP – ils ont du succès –, l'électronique militaire ou spatiale, le Mirage 2000 et le futur Rafale, construit en collaboration avec Thomson-CSF, Matra et la SNECMA et dont le prix de revient, pendant sa durée d'utilisation, serait de 155 milliards pour 330 appareils livres à la France (*Le Monde* du 8 juillet 1991, chiffres officiels, ou près du double selon certains économistes). Les exportations se heurtant à la concurrence américaine et russe, Dassault tente de négocier avec l'Irak un contrat de 22 milliards (*Le Monde* du 2 juin 1989) alors que l'Irak fait déjà défaut sur des factures d'environ 25 milliards de francs qui devront être payées par les contribuables français, lesquels assurent en dernier ressort les exportateurs contre les mauvais payeurs (*Le Monde* du 18 mars 1990) ; l'opération, cette fois, se heurte à l'opposition des Finances. Le 23 août 1990, l'invasion du Koweit décide *Le Monde* à dénoncer subitement ("Vingt ans d'irakophilie française") les relations et « retours d'épices » du Tout-Paris politique, industriel et culturel avec Saddam Hussein, maintenant exclu du marché au grand dam des industriels qui l'avaient abreuvé de matériels et qui, après la guerre du Golfe, tenteront de reconstituer un lobby pro-irakien. Voir Kenneth R. Timmerman, *The Death Lobby* (Houghton Mifflin, 1991, trad. fr. *Le Lobby de la mort. Comment l'Occident a armé l'Irak,* éd. Calmann-Lévy, 1991), à lire avec les précautions critiques qu'imposent l'absence de toute documentation sérieuse et le style de l'ouvrage.

thermonucléaires ainsi qu'à un chercheur du CNRS et à un ingénieur de la société Crouzet pour leurs travaux sur « *la communication parlée appliquée à la commande des aéronefs* », problème qui, aux USA aussi, a été à l'origine des recherches sur la reconnaissance de la parole par les ordinateurs. Il semble difficile de faire partie d'un tel jury sans être habilité au secret militaire.

Au congrès international Mathématiques 2 000 (Ecole polytechnique, décembre 1987), M. Lions parle de la vague de fond de la modélisation mathématique qui ne fait que commencer et mentionne quelques programmes en cours – la navette Hermès et ses problèmes de rentrée dans l'atmosphère, le comportement structural des grandes stations spatiales, les robots flexibles, la thermoélasticité, la gestion des grands réseaux de distribution de l'électricité, la météorologie dynamique, des études sur la combustion (automobile et propulseurs cryogéniques) –, ainsi que des problèmes qu'on ne peut encore aborder : modélisation du cœur et des artères, du vol des oiseaux ou de la nage des poissons. Il termine son exposé par un « *théorème fondamental : les banquiers doivent aider les mathématiciens* », car le degré de compétitivité d'une entreprise industrielle dépend de la sophistication de ses logiciels de calcul, CQFD. A une question de ma part sur l'existence possible d'applications militaires, Lions répond que la plus difficile et la seule sur laquelle il ait des informations concerne les avions « furtifs », *id est* la diffusion des ondes radar par des revêtements absorbants et des formes aérodynamiques baroques. C'est l'exemple type de la technique militaire totalement absurde dans le secteur civil, où l'on désire rarement passer inaperçu lorsqu'on se dispose à atterrir.

Dans une interview au journal *Le Monde* du 8 mai 1991 à l'occasion de son prix du Japon, on lui fait de même citer la modélisation de la forêt amazonienne, le refroidissement d'une coulée d'acier, la forme optimale du nez d'un avion, la conduite des centrales nucléaires, l'exploitation des champs de pétrole, la climatologie, etc., mais aucun exemple explicitement militaire. Lions

s'y livre à un éloge très appuyé de von Neumann, présenté par l'auteur de l'article comme :

> « Le père de la discipline, qui a si bien su sentir, à la fin des années 1940, tout le bénéfice que l'on pouvait tirer des premières machines à calculer, des premiers computers, pour décrire des systèmes aussi complexes que les phénomènes météorologiques. »

Il est exact que, comme ses amis de l'Air Force, von Neumann s'intéressait à la météorologie – il évoquait même la possibilité de modifier le climat –, mais il avait quelques autres activités [75] avant sa mort prématurée en 1957. On nous dit seulement que, relativement à von Neumann, M. Lions s'est borné à « *rajouter un chapitre sur lequel il ne s'était pas engagé : le chapitre industriel* ». Il est de fait que von Neumann ne s'était engagé que dans le secteur gouvernemental, en dehors de conseils à IBM qu'il persuada notamment de lancer en 1956 une machine à l'extrême limite des possibilités, la Stretch ; elle fut livrée d'abord à Los Alamos (puis à la DAM du CEA français) et fut un échec commercial mais contribua à la technique des célèbres IBM 360.

L'auteur du même article nous dit aussi qu'en 1956, aux États-Unis, M. Lions a découvert les idées de von Neumann sur les mathématiques appliquées et l'informatique grâce à Peter Lax, mathématicien fort connu dont *Le Monde* ne nous dit strictement rien. Celui-ci, arrivé très jeune de Hongrie un peu avant la guerre, a fait toute sa carrière universitaire à la New York University, l'un des premiers et principaux centres américains de mathématiques appliquées (*Courant Institute*), créé par des réfugiés allemands un peu avant la guerre et propulsé après 1945 par l'*Office of Naval Research* (ONR) puis l'AEC qui y crée un centre de calcul en 1954. Lax a fait partie du laboratoire de Los Alamos à la fin de la guerre

[75] « This combination of scientific ability and practicality gave him a credibility with military officers, engineers, industrialists, and scientists that no one else could match. He was the clearly dominant advisory figure in nuclear missilery. » Herbert York, *Race to Oblivion* (Simon & Schuster, 1970), p. 85, parlant du von Neumann qu'il a connu dans les années 1950.

puis en 1949-1950 et y réside ensuite chaque été jusqu'en 1958 ; à cette époque, financement de la physique lourde mis à part, quasiment toutes les activités de l'AEC étaient concentrées sur des projets militaires : armes nucléaires à diversifier, réacteurs pour les sous-marins et l'aviation.

Comme Lions, Lax est l'un des apôtres des *supercomputers* à propos desquels il a organisé en 1982 une enquête américaine [76]. On s'y plaint abondamment du fait que les pauvres universités indigènes ne disposent pas encore des derniers modèles, que nombre de problèmes, en astrophysique par exemple, exigeraient des machines cent ou mille fois plus rapides encore, que le Japon va bientôt faire perdre à l'Amérique son avance dans ce domaine crucial pour le secteur prioritaire qu'est la défense, etc. On y apprend que, sur une liste d'une cinquantaine de machines de niveau maximum installées ou commandées dans le monde libre, les laboratoires de Los Alamos, Livermore et Sandia en consacrent onze aux armes nucléaires ; quelques autres sont également vouées ici et là à des activités militaires ou fort proches de celles-ci (fusion nucléaire par confinement magnétique, aérodynamique, dynamique des gaz) et deux sont en service à la *National Security Agency* (cryptologie) ; la France de l'époque possède au total quatre machines, soit moins que Livermore ou Los Alamos. L'un des auteurs du rapport insiste (pp. 39-40) sur le fait que l'accélération des calculs numériques depuis 1945 est due non seulement au progrès des machines, mais davantage encore à celui des algorithmes inventés par les mathématiciens appliqués. Le rapport conduira à la création par la NSF de grands centres de calcul nationaux dans cinq universités et du réseau NSFnet, qui succède à l'Arpanet et précède Internet.

Lax a aussi publié suffisamment d'articles importants sur les EDP pour être considéré comme l'un des grands experts du sujet, y compris, avec R. S. Philips, un livre sur l'analyse spectrale des

---

[76] *Large Scale Computing in Science and Engineering. Report of the panel* (pas d'éditeur). L'entreprise était subventionnée par le DOD et la NSF, avec la coopération de la NASA et du DOE.

fonctions automorphes ; on y trouve des démonstrations très élégantes de résultats (A. Selberg) déjà généralisés (R. Langlands) à des situations où ne s'applique pas la méthode de Lax et Philips, du reste largement anticipée par Ludwig Faddeev à Leningrad. Celle-ci est directement inspirée de la théorie du scattering inventée pour la physique des particules par Heisenberg pendant la guerre aux USA - il aurait travaillé à temps plein sur la bombe au lieu de s'amuser – et devint par la suite une fort belle théorie mathématique abstraite à part entière ; Lax et Philips l'ont exposée dans un livre excellent.

Peter Lax a des opinions [77] qui se rapportent à notre sujet, mais qu'en bon mathématicien il se borne à énoncer en quelques lignes en oubliant de les développer. Il fait lui aussi l'éloge de von Neumann et cite les sujets qu'il a traités en omettant les armes nucléaires et les missiles. Bourbaki, selon lui, est :

> « Un mouvement intellectuel et pédagogique structuré avec une méticulosité toute gauloise et visant à couper le cordon ombilical qui rattache les mathématiques à la réalité. »

Les mathématiciens américains qui, aux environs de 1970, militaient contre la guerre du Vietnam, lui inspirent aussi un curieux commentaire :

> « Les mathématiques ont toujours attiré ceux qui rêvent d'échapper au réel. Il est intéressant de noter que, parmi ce petit groupe de mathématiciens militants qui se démènent tant pour attirer l'attention de leurs confrères sur les questions politiques, la plupart sont spécialisés dans des mathématiques abstraites, souvent ésotériques, et en tout cas très éloignées des problèmes du monde réel. »

Étant donné qu'ils s'occupaient des B-52 écrasant le Laos sous les bombes plutôt que des mathématiques des ondes de choc, les accuser de « fuir le monde réel » est assez comique.

---

[77] Dans D. Tarwater, éd., *American Mathematical Heritage : Algebra and Applied Mathematics* (Texas Tech. U., Math. Series, n°13. 1973).

Sans être sous administration militaire, l'IRIA ou INRIA [78] que J.-L. Lions a dirigé a vraisemblablement l'occasion de coopérer avec les institutions et industries de l'armement. Dans ses débuts, il eut le même directeur que la R&D militaire (DRME, maintenant DRET), à savoir Lucien Malavard ; d'abord ingénieur de l'aéronautique puis collaborateur avant et après la guerre de Joseph Pérès qui enseignait la mécanique rationnelle à Paris dans ma jeunesse, Malavard, grâce aux crédits militaires et aux contrats industriels, a fait une belle carrière dans l'aérodynamique et le calcul analogique. Un autre directeur de l'IRIA (1972-1980), André Danzin (X et Ecole supérieure d'électricité), membre d'innombrables conseils gouvernementaux ou privés, a fait la majeure partie de la sienne au groupe Thomson-CSF dont, en 1972, il était le numéro deux dans la hiérarchie. Vers 1976-1980, un groupe d'informaticiens français participe à l'élaboration d'un nouveau langage informatique, ADA (ex DOD-1), permettant d'unifier la programmation de tous les systèmes d'armes américains qui, avec leurs 450 langages différents, étaient affligés d'innombrables erreurs et coûtaient des milliards de dollars chaque année. Une compagnie s'appelant à l'époque CII-Honeywell-Bull – résultat d'un mariage temporaire entre une entreprise nationale issue du Plan Calcul [79], le Concorde de l'informatique toutes proportions gardées, et deux entreprises privées américaine et française beaucoup plus anciennes avait été chargée, après compétition, d'organiser ce projet international dirigé par un

[78] L'IRIA, rebaptisé plus tard INRIA, a été créé en même temps que le Plan calcul en 1966 pour fonder une industrie française des ordinateurs indépendante des États-Unis ; les incitations militaires y ont fortement contribué, notamment en raison de l'embargo américain sur les super-ordinateurs destinés à la division militaire du CEA qui cherchait à développer la bombe H ; à cette époque, la doctrine française consistait à recourir d'emblée au nucléaire en cas de conflit même « classique » en Europe afin de forcer les États-Unis à s'engager totalement…

[79] Sur les origines du Plan Calcul, voir les exposés de G. Ramunni dans *De Gaulle en son siècle*, vol. III (éd. Plon, 1992), pp. 697-708 et au second *Colloque sur l'histoire de l'informatique en France* (Paris, 1990) ; le premier colloque (Grenoble, 1988) contient aussi des témoignages – parfois polémiques et contradictoires – d'anciens participants. Deux autres colloques ont eu lieu par la suite.

major de l'X, Jean Ichbiah. L'IRIA ne semble pas avoir officiellement coopéré au projet et encore moins les militaires français, qui avaient leur propre « Langage en temps réel » (LTR), probablement conçu avec l'aide de l'IRIA, et tenaient à leur « indépendance » vis-à-vis de l'OTAN ; le développement d'ADA les obligera par la suite à tempérer leur opposition, notamment pour continuer à exporter. Considéré néanmoins et à juste titre comme un grand succès de l'Informatique Française, ADA valut instantanément à M. Ichbiah, en Conseil des ministres, une haute distinction dans la Légion d'Honneur. C'est au *Courant Institute* de la New York University que fut développé le premier compilateur ADA pour le gouvernement américain. Ces harmonies préétablies sont caractéristiques de ce genre de sujet.

En 1979-1980, un groupe de travail présidé par J.-L. Lions préconise la construction d'ordinateurs de très grande puissance destinés, problème récurrent, à libérer la France de sa dépendance à l'égard d'IBM, Cray et autres fabricants américains dont les exportations sont contrôlées par le *State Department*. Cela conduit au lancement en 1983 d'un projet Marisis, financé principalement par la recherche militaire. Le directeur de celle-ci, André Rousset (X, corps des Poudres, physique nucléaire et des particules) et le responsable du projet à la DRET expliquent que ces grands calculateurs parallèles, fabriqués en petit nombre, seront plus puissants que le Cray I. Le sort de ce projet n'est pas clair pour moi, mais les usages prévus à l'époque le sont : dans l'ordre, l'aérodynamique, l'armement nucléaire, la détonique, l'hydrodynamique navale et « plus généralement » toute la recherche, de la physique nucléaire à l'inévitable météorologie [80].

---

[80] *Sciences et Avenir,* août 1983. *Le Monde* du 22 janvier 1983 notait le retard dans la livraison de deux Cray I, retard motivé par un grand projet de gazoduc eurosibérien ne plaisant pas aux Américains ; le journal ne savait pas si Marisis coûtera 300 ou 800 millions. *Le Figaro* du 19 décembre 1984 parle de 600 millions, note que ce super-ordinateur « *bleu, blanc et rouge* » devrait être disponible en 1988, que l'ONERA, l'INRIA, les universités de Rennes et de Nice participent au projet avec la société Bull et que la direction de la recherche militaire « *a lancé un appel à tous les chercheurs*

Dans l'interview au journal *Le Monde* de 1991 citée plus haut, M. Lions rêve de superordinateurs capables de mille milliards (et non plus de cent millions) d'opérations par seconde. S'ils deviennent périmés aussi rapidement que mon PC (douze mois au maximum), l'informatique « scientifique » a de beaux jours devant elle.

7. Vers les étoiles

Quant au CNES qu'a présidé M. Lions, il est instructif d'examiner les circonstances politiques dans lesquelles il fut créé à la fin de 1961.

Il faut d'abord observer qu'à la fin de la guerre, on ne perd pas plus de temps en France qu'ailleurs pour exploiter dans tous les domaines, à petite échelle évidemment, les techniques nazies [81] ; les techniques n'ont pas d'odeur. Propulsion à réaction (avions et engins), aérodynamique, guidage inertiel, moteurs de chars,

---

universitaires » pour qu'ils participent au développement des logiciels indispensables. *Le Monde* du 26 avril 1988 écrit que la machine Marisis de la DGA et Bull est en cours d'essais et donne une liste de 21 super-ordinateurs installés en France, dont 18 Cray, parmi lesquels cinq machines dans les centres du CEA, une à l'ONERA, une au centre de calcul scientifique de l'armement à Rennes et une à l'Aérospatiale (SNIAS), ce qui relativise probablement l'intérêt de Marisis.

[81] Sur le sujet, voir l'exposé assez détaillé de Gérard Bossuat sur la période 1945-1963 au colloque *Histoire de l'armement en France 1914-1962* (Centre des hautes études de l'armement/Addim, 1994), ceux de François Bedeaux (blindés) et Jacques Villain (de la Société européenne de propulsion) dans les actes du colloque *La France face aux problèmes d'armement 1945-1950* (Bruxelles, éd. Complexe, 1996), les *Mémoires sans concessions* d'Yves Rocard, l'exposé de Dominique Pestre dans Maurice Vaïsse, dir., *L'essort de la politique spatiale française dans le contexte international* (Gordon & Breach/Archives contemporaines, 1998, 123 p.). L'exposé de Villain est dédié : « *En hommage à Helmut Habermann, Heinz Bringer, au Dr Otto Müllier et à leurs compagnons de Peenemünde qui sont venus servir la France. Mais aussi, à la mémoire des 30 000 déportés du camp de Dora qui ont perdu la vie en produisant des V2.* »

détonique, radar, électronique, étude de l'ionosphère en liaison avec la propagation des ondes radio, et fort probablement guerre chimique, domaine dans lequel on découvre les alléchants produits, Tabun, Sarin et Soman, auxquels le général Arnold a fait allusion. Plus de six mille techniciens allemands de tous les niveaux sont recrutés qui, pour la plupart, rentreront chez eux dans les années 1950. A la fin de 1946, dans le domaine qui concerne le futur CNES, on a déjà créé en France une *Société civile d'études de la propulsion par réaction* (SCEPR) – elle deviendra plus tard la *Société européenne de propulsion* (SEP) qui travaille pour les missiles et Ariane –, un *Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques* (LRBA) à Vernon, et l'ONERA, « *lieu de perdition pour les crédits publics* » durant ses premières années [82]. Des spécialistes allemands fort éminents des tanks – Maybach pour les moteurs et la Zahnrad Fabrik pour les transmissions –, dont les usines du lac de Constance ont été détruites, viennent en France pour y construire en une dizaine d'années un tank de 50 tonnes très supérieur aux derniers blindés allemands de la guerre, voire même aux tanks américains et anglais contemporains ; il est évidemment trop cher mais sa technologie se retrouvera dans les AMX 30, diffusés notamment au Moyen-Orient et qui terminent actuellement leur existence. Deux douzaines de spécialistes apportent la technique du guidage inertiel à la SFENA, *Société française d'équipements pour la navigation aérienne*, sous un autre nom au début. L'ONERA récupère environ 75 Allemands grâce à von Karman, chargé de ratisser la technique nazie pour le compte de l'aviation américaine et ami de Joseph Pérès – le patron de Germain et Malavard, l'ONERA obtient une soufflerie hypersonique allemande qu'on déplace à Modane. Une centaine d'autres Allemands entrent à la SNECMA et y développent le moteur ATAR des premiers Mystères à réaction de Dassault. Plus d'une centaine de collaborateurs de Werner von Braun travaillent à Vernon, ou pour Vernon dans la zone d'occupation française ; l'un d'eux, Heinz Bringer, sera le père du moteur Viking équipant les deux premiers

[82] Jacques Aben, *La France face aux problèmes d'armement 1945-1950*, p. 90.

étages du lanceur Ariane. Dès 1946-1947, le LRBA étudie des fusées capables d'emporter des charges de 500 à 1 000 kg à des distances de 1 400 à 2 250 km ou même plus ; on y renonce en 1948, probablement parce qu'on ne dispose pas encore de l'explosif qui en justifierait le coût, et l'on s'oriente vers des fusées-sondes inspirées des V-2.

Outre ces très considérables apports allemands initiaux, une coopération internationale plus générale dans le domaine militaire se développe [83] dans les années 1950. Pendant toute la période antérieure à 1962, la France a de très ambitieux et fort coûteux programmes militaires mais gaspille dans des guerres coloniales toutes perdues d'énormes ressources qu'il eût mieux valu déployer contre les hordes soviétiques : cela n'aurait rien changé à la situation en Europe et aurait sauvé des centaines de milliers de vies humaines avec le même résultat final pour l'Empire français. On s'efforce donc d'obtenir l'aide de l'Amérique et des Européens dans les domaines militaires : « *char moyen, véhicule blindé aérotransportable, avions de transport, de chasse et de bombardement, missiles de toute portée, radars, écoutes sous-marines* », nous dit Soutou (p. 140). On voit même les ministres de la défense français, allemand et italien signer en novembre 1957 un protocole prévoyant une coopération dans « *les applications militaires de l'énergie nucléaire* », protocole justifié par des doutes injustifiés sur la garantie nucléaire américaine [84] et par

---

[83] George-Henri Soutou, *L'alliance incertaine. Les rapports politico-stratégiques franco-allemands, 1954-1996* (éd. Fayard, 1996) et surtout les actes du colloque de septembre 1997 sur *La IV République face aux problèmes d'armement, 1950-1958* (éd. Addim, 1998).

[84] On croit en France dès 1955 (bombe H soviétique) que l'URSS va dépasser les USA et que ceux-ci renonceront aux « représailles massives » ; en juillet 1960, de Gaulle croit que l'URSS sera très supérieure aux USA dès 1961 en matière de missiles (Soutou, pp. 119 et 155). Il est de fait que l'équipe Kennedy remplace la stratégie Eisenhower des représailles massives instantanées par une stratégie plus "graduée", mais de là à laisser les Soviétiques envahir l'Europe s'ils en ont envie ! En fait, la fonction réelle de ces doutes était fort probablement de justifier la politique nucléaire française, jugée indispensable à l'accession au rang de « grande puissance », comme le montrent certaines réactions ridicules de Mendès-France après les négociations de

le désir des Allemands de participer aux décisions d'emploi des armes tactiques (jusqu'à 100 KT…) qu'ils voudraient, à choisir, faire exploser le plus à l'Est que possible ; ce protocole, qui va beaucoup trop loin, ne sera pas adopté par le gouvernement français et la question sera réglée lorsqu'en 1958 les Américains confieront aux Allemands des armes tactiques sous double clé. On tente aussi, sans plus de succès, de faire participer l'Allemagne et l'Italie au financement de l'usine de Pierrelatte [85], laquelle absorbera quelque six fois le coût initialement prévu. Sous de Gaulle, qui cherche d'abord une aide américaine mais y renonce pour des motifs d'indépendance nationale (Soutou, pp. 132-136) – de Gaulle refuse évidemment les armes à double clé –, on voit à nouveau, entre 1960 et 1962, un plan Fouchet grâce auquel :

> « En matière militaire, une convergence de moyens (financiers, scientifiques, industriels, humains) pourrait permettre de constituter, sous l'égide de la France, un puissant ensemble européen de dissuasion qui relèverait l'instrument américain dont l'emploi n'est pas assuré. » (cité par Soutou, p. 156)

Ce plan échoue aussi en raison de l'insistance trop visible de de Gaulle à réduire au minimum, voire à annuler, le rôle des Américains : les Allemands et Italiens ne veulent pas s'en passer même s'ils aspirent, eux aussi, à une certaine indépendance. Ces imbroglios diplomatiques, dans lesquels Soutou est héréditairement aussi à l'aise qu'un poisson dans l'eau – son père a dirigé la section

---

Genève ayant mis fin à la guerre d'Indochine, ou de Guy Mollet après le fiasco de Suez : qu'auraient-ils obtenu de plus avec des armes nucléaires ? C'est la puissance économique globale qui fait le poids international d'un pays, et à l'époque en question celle de la France était fort réduite. Ce ne sont pas les missiles soviétiques qui ont forcé les Anglais à « trahir » la France à Suez, c'est la fureur d'Eisenhower devant la stupidité d'une entreprise risquant d'embraser tout le Moyen-Orient, accompagnée de la vente massive de livres sterling par la Banque fédérale et Wall Street, opération dont les armes atomiques britanniques n'ont pas suffi à dissuader les auteurs…

[85] On croit à l'époque en France que l'uranium 235 est indispensable à la bombe H ; il y a même vers 1954 des militaires pour croire que le plutonium est « *rigoureusement inutilisable pour des explosifs* » (*L'aventure de la bombe,* p. 79) ; ils n'avaient apparemment pas lu le célèbre rapport Smyth d'août 1945, pourtant traduit.

Europe au Quai d'Orsay et le fils est un historien maximum –, sont trop complexes pour être résumés en quelques lignes [86].

L'arrivée des gaullistes au pouvoir à la suite d'un putsch de colonels colonialistes qu'ils ont encouragé en sous-main puis récupéré sous la menace d'une intervention de parachutistes à Paris – il n'y a là rien que de très naturel, on fait cela couramment dans toutes les vraies démocraties – a des conséquences énormes pour la politique française en matière scientifique et technique ; comme l'écrit Dominique Pestre [87] :

> « Le rôle principal de de Gaulle est d'adapter les moyens aux espérances, les réalités aux rêves – de faire de facto de la science [et de la technologie, et des industries "de pointe"] une priorité financière et de placer le militaire au centre du tableau ».

Dès juin 1958, le mathématicien Pierre Lelong, nommé conseiller scientifique de l'Elysée, des scientifiques comme le mathématicien André Lichnérowicz ou le biologiste Jacques Monod et des industriels comme Maurice Ponte, normalien et président de la CSF, qui militaient déjà en ce sens depuis le gouvernement Mendès-France de 1954, procurèrent aux gaullistes les idées dont ils manquaient pour rénover et réorganiser la recherche scientifique et technique et l'université, principalement son secteur scientifique. On crée dès 1958 un *Comité interministériel de la recherche* conseillé par un comité (CCRST) de douze « Sages » majoritairement universitaires au début, mais les polytechniciens des beaux quartiers [88], du secteur public ou privé, en fourniront ensuite environ

---

[86] Le livre à paraître de Maurice Vaïsse, *La grandeur. Politique étrangère du général de Gaulle 1958-1969,* fournira sûrement d'autres informations sur ces questions.

[87] Dans Michel Atten (dir.), *Histoire, recherche, télécommunications* (CNET, DIF'POP, 1996), très intéressant colloque sur l'histoire du CNET avant 1965. J'utilise dans ce qui suit l'exposé détaillé de G. Ramunni sur la politique scientifique gaulliste dans *De Gaulle en son siècle* (vol. III, éd. Plon, 1992).

[88] En 1971 : Paris XVIe arr., Paris XVIIe arr., Garches, Le Vésinet, Neuilly et Neuilly ; en 1973 : Paris XVIIe arr., Garches, Neuilly, Neuilly et Neuilly. Si la concentration des polytechniciens dans les quartiers et banlieues chics de l'ouest de Paris relevait du hasard – 350 à Neuilly en 1973 –, on serait obligé de croire au démon de Maxwell.

la moitié des membres ; MM. Lions et Dautray y entreront en 1971. La liaison entre le CCRST et les ministres est assurée par Pierre Piganiol, chimiste de l'École normale passé en 1947 chez Saint-Gobain ; il devient en 1959 le chef d'une *Délégation générale à la recherche scientifique et technique* (DGRST) civile englobant le CCRST. Le rôle principal de celle-ci est d'élaborer chaque année une « enveloppe-recherche » couvrant les budgets de toute la recherche (à quelques petites exceptions près : CEA, télécommunications et armée) et d'organiser des « actions concertées » financées sur un fonds spécial et visant à promouvoir la R&D dans des secteurs choisis ; la biologie et la médecine ne sont pas oubliées et les militaires participent aux commissions qui les intéressent, électronique par exemple. Tout cela sera à l'origine de nombreuses structures scientifiques nouvelles ou rénovées (INSERM, INRA, IRIA, Océanographie, réforme du CNRS, relations avec l'université, etc.). C'est l'âge d'or de la « science française » – on construit à Paris, place Jussieu, l'un des chefs d'œuvre de l'architecture universitaire mondiale – jusqu'à ce que le poids des grands programmes, nucléaire, espace, Concorde, informatique, oblige à des arbitrages à partir de 1965, comme le note Lelong dans *De Gaulle en son siècle* (p. 728).

Au début de 1960, Lelong, influencé par des entretiens avec Ponte et l'attaché scientifique de l'ambassade américaine, s'inquiète – *how strange !* – de l'absence d'une recherche militaire sérieuse et conseille une liaison organique avec la recherche civile en suggérant, pour commencer, que les militaires mettent sur pied un fichier des laboratoires ; c'est là un type d'activité dans lequel ils disposent, comme la Police, d'une compétence supérieure. En avril 1961, à l'occasion d'une réorganisation du ministère des Armées, on crée la *Délégation ministérielle à l'armement* (DMA) qui coiffe tout, CEA mis à part, et devient immédiatement l'organe central du complexe militaro-industriel français [89], ainsi qu'une *Direction des recherches et*

[89] Voir par exemple Edward A. Kolodziej, *Making and Marketing Arms. The French Experience…* (Princeton University Press, 1987), le brûlot de Pierre Marion (X, 1939),

moyens d'essais (DRME, aujourd'hui DRET) dont la vocation embrasse toutes les techniques militaires et les sciences connexes, ce qui « *scelle la victoire définitive du modèle américain de développement scientifique en France* » [90] comme le dit Pestre (même référence). Organisant, comme le CCRST et la DGRST, des réunions sur des problèmes scientifiques et/ou techniques d'avenir et distribuant des contrats aux chercheurs et à l'industrie, la DRME est dirigée par des civils : Lucien Malavard, mentionné plus haut, et Pierre Aigrain, déjà au CCRST. (La DRET qui lui succède est maintenant dirigée par des ingénieurs de l'armement).

Faisons un détour vers la carrière d'Aigrain ; elle constitue, ici encore, un cas extrême mais par là même extrêmement clair de ce que l'on n'avait jamais vu avant la guerre en France ou ailleurs. D'abord élève à l'École navale, Aigrain est envoyé aux USA pour y apprendre à piloter ; lui trouvant des réflexes intellectuels trop rapides pour ce métier (Yves Rocard, *Mémoires*, p. 150), les Américains l'envoient suivre les cours de physique des solides du Carnegie Institute of Technology. Il y rencontre un jeune normalien, Claude Dugas, qui avait accompagné Rocard en 1945 dans ses explorations allemandes et qui, ayant traduit Frederick Seitz, *Solid State Physics*, avait été invité aux USA par l'auteur. Aigrain et Dugas rentrent en France en 1948 où le premier est d'abord assistant au Collège de France puis ingénieur au CEA jusqu'en 1952. Ils installent chez Rocard, à l'Ecole normale, le premier groupe français

---

Le pouvoir sans visage (éd. Calmann-Levy, 1990), Christian Schmidt, *Penser la guerre, penser l'économie* (éd. Odile Jacob, 1991), et Vincent Nouzille et Alexandra Schwartzbrod, *L'acrobate : Jean-Luc Lagardère ou les armes du pouvoir* (éd. du Seuil, 1998), sur Matra, très journalistique.

[90] A un détail près : aux États-Unis l'examen des budgets des organisations gouvernementales donne lieu dans tous les domaines, y compris militaires, à de longues et nombreuses auditions d'experts, de technocrates et de dirigeants politiques et à de volumineux comptes-rendus *verbatim* (*modulo* censure des secrets militaires importants) et publics ; avec la constitution gaulliste de loin la plus anti-parlementaire de tout le monde occidental, les citoyens français n'ont en pratique aucun autre moyen de savoir ce qui se passe que les bribes d'information que publie la presse…

compétent en physique des solides ; il se développera considérablement en recrutant quantité de normaliens. Dugas passe dès 1952 à la compagnie CSF, spécialisée à l'époque dans les radars, les tubes hyperfréquences et la télévision (procédé SECAM) ; le président de celle-ci, Maurice Ponte, ancien camarade de Rocard à l'Ecole normale, trouvant trop chers les brevets des Bell Labs sur les transistors, charge Dugas d'y fonder un laboratoire pour les développer [91]. Aigrain, lui, devient maître de conférences à Lille en attendant une chaire à Paris (1958), assure ensuite la direction scientifique de la DRME [92] en 1961-1965 comme on l'a dit, dirige l'Enseignement supérieur (1965-1967) puis la DGRST (1968-1973) et passe quatre ans (1974-1978) comme directeur général technique à la CSF, devenue filiale de Thomson (matériels grand public et armements terrestres). On lui confie en 1978 le secrétariat d'État à la Recherche scientifique, il se retrouve ensuite à nouveau directeur général technique de la Thomson-CSF (1981-1983) que le gouvernement socialiste vient de nationaliser [93] puis conseiller

---

[91] Rocard, pp. 150-156. Inventés en 1947 par trois physiciens des Bell Labs qui se partagèrent un prix Nobel et destinés, dans l'esprit des dirigeants de AT&T, à se substituer à terme aux tubes dans le réseau téléphonique de la compagnie, les transistors intéressent d'abord les militaires : dans le civil, on ne jette pas à la mer un investissement colossal pour exploiter immédiatement une découverte scientifique. Le gouvernement américain, percevant rapidement l'importance potentielle de celle-ci et étant, engagé dans une procédure anti-trust contre AT&T, renonça à celle-ci en imposant entre autres conditions aux Bell Labs de vendre leurs brevets à un prix raisonnable (25 000 dollars). Les Bell Labs organisèrent en 1952-1953 des "écoles d'été" pour enseigner la nouvelle technique aux acheteurs. Le fondateur de Sony acheta les brevets pour en faire des radios portables, idée qui, à l'époque, provoqua l'hilarité des experts.

[92] Pour Laurent Schwartz, p. 327 de ses mémoires, M. Aigrain n'est qu'un « *futur ministre et physicien très réputé* », description d'autant plus remarquable qu'à l'époque, 1964, du voyage manqué d'Aigrain à Moscou que mentionne Schwartz, il était à la DRME.

[93] La perspective de cette nationalisation inquiète d'abord les dirigeants de l'Arabie Saoudite : craignant une victoire de la gauche aux élections de 1977, le groupe Thomson avait fait entrer de « hauts dignitaires » du royaume dans le capital de la CSF afin de faire obstacle à une éventuelle nationalisation. Les Saoudiens furent rassurés en

scientifique du président de celle-ci (1983-1992) ; il était encore récemment président du conseil d'administration de l'IRIA. La Thomson-CSF, qui emploie de nombreux anciens élèves de l'Ecole navale en raison de ses liaisons traditionnelles avec la Marine (radio et radar), est actuellement la sixième entreprise mondiale de l'armement et devrait passer de la seconde à la première place mondiale en électronique militaire grâce à sa reprivatisation accompagnée de fusions avec les branches correspondantes de Dassault et de l'Aérospatiale ; elle profite de pratiquement tous les programmes d'armement puisqu'ils comportent toujours une très forte part d'électronique. En 1983, les marchés militaires, pour 60 % à l'exportation, représentaient 70 % de son chiffre d'affaires (Kolodziej, p. 204) ; en 1984, elle emporte, avec Matra et le *Groupement industriel des armements terrestres* (GIAT), un contrat de 35 milliards de francs pour installer un système mobile de défense aérienne à basse altitude de l'Arabie Saoudite (*Le Monde*, 17 janvier 1984), pays à la pointe du progrès où l'on protège la vie des femmes en leur interdisant la conduite automobile, entre autres détails. Son système RITA de télécommunications mobiles pour l'armée française est adopté par l'armée américaine. Grâce à la cession de ses divisions civiles de télécommunications et de radiologie médicale, le chiffre d'affaires est à 94 % militaire en 1987, l'abondante trésorerie de la maison lui permettant de se lancer dans la finance (*Le Monde*, 10 avril 1988) avec les risques afférents à ce type d'activité. Il y aurait beaucoup à dire sur cette entreprise qui commence à intéresser des historiens et dont l'influence sur la recherche, y compris universitaire, a été et reste considérable.

Pour en revenir aux missiles, on en est avant l'arrivée de Charles de Gaulle à des projets déjà sérieux : un missile nucléaire tactique national puis un engin d'une portée de 1 500 miles avec une tête nucléaire américaine, destiné *a priori* à l'OTAN. Le président de la SEPR réorganisée, un ingénieur général de l'armement, va aux USA

---

constatant en 1981 que les nouveaux ministres socialistes les plus « à gauche » étaient aussi les plus pro-arabes (*Le Monde*, 14 juin 1981).

se renseigner sur les nouvelles fusées à poudre Polaris des premiers sous-marins nucléaires américains et, en septembre 1959, on crée la *Société pour l'étude et la réalisation d'engins balistiques* (SEREB), bureau d'études chargé d'organiser avec l'industrie le développement de cette technique et employant des ingénieurs de l'armement fort compétents. On espère une aide américaine, mais les USA n'accepteraient que de livrer des Polaris sous « double clé » ; les Anglais les acceptent mais évidemment pas de Gaulle et, après le premier essai atomique en février 1960, on s'oriente vers la création de la « force de frappe » nationale que le Général désire de toute façon depuis le début. Selon un exposé de Dominique Pestre, c'est principalement un conflit entre le LRBA, chargé de développer rapidement un missile opérationnel à propulsion liquide [94] de 3 000 km de portée, et la SEREB qui poursuit son programme, qui conduit à la création de la DMA, chargée de piloter ce projet majeur. En 1970, on créera la SNIAS (maintenant Aérospatiale) qui, mis à part Dassault (avions de combat), la SNECMA (moteurs), la SEP (propulseurs) et quelques entreprises moins importantes (Matra, SAGEM, etc.), absorbera tout le secteur industriel – avions de transport civils et militaires, missiles, hélicoptères, engins, etc. – et la SEREB.

En dehors du nucléaire militaire, sujet trop sensible, la coopération européenne et particulièrement avec l'Allemagne, autorisée à s'armer (sauf dans le nucléaire) depuis 1954, demeure néanmoins un objectif prioritaire pour de Gaulle :

---

[94] Inconvénient : le missile doit demeurer plusieurs heures sur son pas de tir pendant qu'on le charge en carburant, ce qui donne à l'aviation ou aux missiles ennemis le temps de le détruire. Les missiles à poudre du Plateau d'Albion sont enterrés dans des silos et prêts à partir en quelques minutes s'ils ne sont pas préalablement détruits. Comme l'a remarqué un jour François Mitterrand avec une profonde perspicacité, une attaque sur le Plateau d'Albion « *signerait l'agression* ». Il est de fait qu'à raison de deux explosions de quelques centaines de kilotonnes pour chacun des dix huit silos à détruire, elle aurait pour la Provence et au delà quelques conséquences sur lesquelles il serait difficile de fermer les yeux.

> « L'Europe, ça sert à quoi ? Ça doit servir à ne se laisser dominer ni par les Américains, ni par les Russes. A six, nous devrions pouvoir arriver à faire aussi bien que chacun des deux super-grands. Et si la France s'arrange pour être la première des six, ce qui est à notre portée, elle pourra manier ce levier d'Archimède. Elle pourra entraîner les autres. L'Europe, c'est le moyen pour la France de redevenir ce qu'elle a cessé d'être depuis Waterloo : la première au monde. » [95]

C'est dans cette atmosphère de militarisation de la technologie, de nationalisme à couper au couteau et de triomphalisme prématuré caractéristique du régime gaulliste que le CNES est créé en décembre 1961 pour organiser la recherche spatiale et la coopération européenne dans ce domaine [96] ; en fait, le CCRST avait créé dès janvier 1959 un Comité Espace qui souligne dès le début le caractère très multidisciplinaire de la recherche spatiale et son intérêt politique (prestige international et défense, comme aux USA et en URSS) ; il avait suscité à l'Elysée un si vif intérêt que son contrôle, notamment celui de son budget qui devient rapidement considérable, échappera à ses créateurs désabusés, dont « l'enveloppe-recherche » se rétrécit à nouveau. A la différence du CEA, le rôle du CNES est avant tout de coordonner et de servir de maître d'œuvre à des programmes réalisés ailleurs – expériences scientifiques, lanceurs, satellites, etc. Le caractère civil théorique du CNES n'est pas apparent dans le choix de la personne, le général Aubinière, qui l'anime pendant une dizaine d'années ; de toute façon, les ingénieurs et les techniques sont, et pour cause, largement d'origine militaire.

---

[95] Alain Peyrefitte, *C'était de Gaulle* (éd. Fayard, 1994), p. 158 ou Soutou, p. 131. Celui-ci voit dans cette extravagante déclaration privée d'août 1962 le « *concept de base* » de de Gaulle jusqu'en 1969, mais l'idée que la France pourrait être la première *en Europe* grâce à une coopération avec l'Allemagne, qui permettrait en même temps de contrôler celle-ci, fait partie du folklore politique français tout au long de l'après-guerre; le général de Gaulle n'était pas le seul à ne pas s'être consolé de Waterloo et autres succès. Les Allemands, eux, ont eu beaucoup de mal à se consoler de Iéna et de 1918. Ces pulsions nationalistes seraient comiques si elles avaient fait moins de victimes dans le passé.

[96]Détails dans Vaïsse, *L'essor de la politique spatiale française*…

> « le programme de recherches spatiales civiles n'est… en réalité que la partie supérieure d'un iceberg dont les neuf dixièmes sont immergés dans les programmes militaires gérés par la DMA. » [97]

Le directeur scientifique et l'un des principaux initiateurs en est Jacques Blamont ; le développement des satellites est dirigé par un physicien normalien, Jean-Pierre Causse, qui vient de passer sept ans aux États-Unis chez Schlumberger après avoir été, à l'Observatoire de Paris, élève de P. Lallemand, spécialiste de photoélectricité infrarouge – technique, et ce n'est pas la seule, qui intéresse au moins autant les militaires que les astrophysiciens.

La SEREB construit entre 1960 et 1967 des petites séries de fusées Agathe, Topaze…, Emeraude à deux étages et on lance en décembre 1961 un programme Diamant de fusées à trois étages dérivées de l'Emeraude. En mars 1963, le CNES recommande le lancement le plus tôt possible d'un satellite dont le succès, pense-t-on, embellirait grandement l'image de la science auprès du public ; certains mauvais esprits du CCRST objectent que la recherche médicale serait au moins aussi efficace de ce point de vue, nous dit Ramunni. Financé par le CNES et la DMA et utilisant les fusées Diamant, le projet aboutit à une dizaine de satellites scientifiques [98] de 80 à 150 kg entre 1965 et 1975. En mai 1963, on lance la SEREB dans un programme beaucoup plus important, les missiles sol-sol et mer-sol de la force de frappe ; ils seront mis en service à partir de 1971, avec des

---

[97] Robert Gilpin, *La science et l'État en France* (éd. Gallimard 1970. p. 227), traduit de *France in the Age of the Scientific State* (Princeton University Press, 1968), par un politologue américain qui présente le premier tableau d'ensemble du sujet.

[98] « Si le grand public a vu dans cette opération "Diamant" que la France devenait la troisième puissance spatiale, le général de Gaulle a apprécié dans les quatre lancements successifs réussis en quinze mois la maturité de notre industrie balistique et la crédibilité que ce succès apportait à la force de dissuasion. » Jacques Chevallier, directeur de la DAM du CEA, dans *L'aventure de la bombe. De Gaulle et la dissuasion nucléaire, 1958-1959* (éd. Plon, 1985, p. 139). Ce volume présente les souvenirs – plus ou moins fiables ? – d'un certain nombre d'anciens participants, ingénieurs et politiques. Le lancement du premier satellite donne l'occasion au ministre des Armées, Pierre Messmer, de déclarer qu'il « n'y aurait pas eu de Diamant s'il n'y avait pas eu de programme militaire d'engins » ; *Le Monde*, 19 février 1966.

propulseurs à poudre et, au début, des centrales inertielles Kearfoot dont le State Department n'apprécie pas l'exportation ; la SAGEM achète la licence.

Le CNES se lance rapidement dans des programmes civils européens qui conduisent à de très sérieux déboires : aucune fusée [99] ne fonctionne et les Britanniques se retirent pratiquement du projet à défaut d'avoir pu se retirer du Concorde comme ils le souhaitaient en 1965… On décide alors de lancer le programme Ariane européen, et principalement franco-allemand, que tout le monde connaît. Grâce au levier d'Archimède de la coopération européenne, Ariane redonnera vingt ans plus tard à la France la place – la première au monde – qu'elle a perdue depuis Waterloo dans le domaine limité des engins à réaction (Congreve), mais c'est principalement dû au fait que l'Amérique a fait l'erreur de trop miser sur sa navette spatiale et au désintérêt de son public pour l'espace depuis vingt ans. Comme elle attribue quand même des sommes astronomiques (18 milliards de dollars) à des programmes militaires ayant de très importants points communs avec tous les programmes civils, et 12 milliards à la NASA civile, alors que le budget européen total de l'espace est d'environ cinq milliards (chiffres de 1990), comme les Russes et même les Chinois sont encore capables de produire des fusées et comme les Japonais s'adjugent la première place dans le marché potentiellement encore plus important des stations au sol, sans parler de l'électronique embarquée, l'avenir n'est peut-être pas aussi brillant qu'on le souhaiterait [100].

---

[99] Elles dérivent du *Blue Streak* militaire britannique, missile à carburant liquide (donc périmé aussitôt déployé…) lui-même dérivé des Atlas américains. Le missile britannique constitue le premier étage de la fusée Europa, les second et troisième étant fabriqués par l'Allemagne et la France, un satellite par l'Italie, etc.

[100] Voir l'intéressante contribution de Marc Giget, *Enjeux économiques et industriels,* au rapport Loridant sur *les orientations de la politique spatiale française et européenne* (Assemblée nationale, annexe au procès-verbal de la séance du 18 décembre 1991). La valeur de la production spatiale civile française passe de moins de deux milliards en 1980 à quatorze en 1990, dont 50 % de R&D à financement essentiellement public ; Giget, p. 41. La prépondérance française dans ce programme (et dans d'autres) est

En 1973, en même temps qu'on lance Ariane, on nomme au CNES un directeur adjoint chargé de se tenir au courant de toutes ses activités militairement utilisables (*Le Monde*, 6 mars 1973) et la direction des lanceurs passe à un ingénieur de l'armement, Yves Sillard ; il a construit et dirigé le centre de Kourou en Guyanne depuis 1966 et sera directeur général du CNES en 1976 ; plus tard, à la tête de la DMA, M. Sillard, au congrès Science et Défense de 1990, demandera aux scientifiques de « *préparer les armes de 2010 ou 2020* » – ceci au moment où il devient clair que la « menace » soviétique est en train de s'effondrer et où tout le monde ignore ce qui la remplacera (Lybie ? Irak ? Lichtenstein ?). On note aussi très tôt une collaboration avec l'URSS et les USA dans le domaine des expériences scientifiques : J. Blamont se distingue suffisamment sur ce terrain pour recevoir la plus haute distinction de la NASA et faire partie du célèbre Jet Propulsion Lab du CalTech [101].

A l'heure actuelle, le CNES reste seul en mesure de lancer les satellites militaires français que d'aucuns réclamaient depuis longtemps. En 1977, le CNES lance le programme SPOT de satellites d'observation de la Terre, projet national auquel les Européens ont, au moins provisoirement, refusé de s'associer et qui, en dépit de son caractère civil, intéresse les militaires puisqu'ils n'ont encore rien d'équivalent (*Le Monde*, 30 septembre 1977). Ceux-ci lancent en 1978 un programme Syracuse de télécommunications militaires qui utilisera à partir de 1984 les satellites civils Telecom I ; un système de

---

assurée par une contribution financière supérieure à celles de ses autres partenaires et par le fait que le CNES est le maître d'oeuvre des aspects techniques du programme.

[101] Voir Jacques Blamont, *Vénus dévoilée* (éd. Odile Jacob, 1987), sur la coopération franco-soviétique dans l'exploration spatiale. Lorsque *Le Monde* du 15 février 1981 demande à M. Blamont pourquoi explorer les planètes, celui-ci fournit deux raisons : 1° « *Pourquoi y aller ? Je répondrai parce que c'est là* », argument classique des alpinistes et des don Juan, 2° dans cent ans, « *l'industrie sera essentiellement biologique… cette activité sera infiniment plus dangereuse* » que le nucléaire et on l'évacuera « *hors des frontières* », de sorte que « *la priorité numéro un dans le développement historique de l'homme, c'est l'exploration de Mars.* » On a envie d'ajouter le CQFD final qui manque à une aussi convaincante démonstration.

seconde génération, Syracuse-2 et un projet Helios pour l'observation sont lancés à partir de 1984, tout cela devant utiliser les fusées Ariane ; en 1992, date à laquelle le premier Helios prévu n'est pas encore en orbite, on parle d'un Helios-2, d'un Helios-3 manœuvrable pour 2008-2010, d'un Osiris d'observation radar pour 2002 et d'un Zenon d'écoute électronique (*Le Monde* des 31 octobre 1991 et 26 juin 1992, ou rapport Boucheron sur la loi de programmation militaire 1992-1994) ; c'est avec les dix à trente ans de retard canoniques, la panoplie américaine qui nous a fait défaut lors de la guerre froide – sans inconvénient majeur – et de la guerre du Golfe [102] où, pourtant, les images du satellite civil SPOT ont rendu quelques services même aux Américains. Elle arrivera après la bataille mais occupera les ingénieurs de la DGA, du CNES, de Thomson, Alcatel, Matra, Aérospatiale, Dassault et autres SAGEM.

En 1986, au cours d'un colloque sur l'espace et la défense présidé par Michel Debré, le premier ministre super-patriotique du général de Gaulle qui réclamait des satellites militaires depuis 1973, M. Lions rappelle que :

> « C'est après avoir acquis les compétences pour réaliser des grands programmes civils comme Ariane ou le satellite d'observation SPOT que l'on envisage aujourd'hui de réaliser des satellites militaires basés sur ces techniques. »

Ce qui suppose qu'on ne l'envisageait pas dès le début, et que :

---

[102] Jacques Blamont la réclame aussi : « *L'effondrement de l'empire soviétique a rompu l'équilibre idéologique, politique, économique et militaire qui maintenait la paix* [nota : lorsque "l'empire" était encore en vie on disait qu'il la "menaçait"]. *Aujourd'hui nous sommes en état de guerre potentielle. Des conflits éclatent et éclateront un peu partout, et surtout à la périphérie de… l'Europe. La menace est devenue multiforme, démultipliée par la prolifération balistique et nucléaire diffuse qui brouille les oppositions habituelles Est-Ouest, Nord-Sud… L'Europe… a besoin de créer des moyens spatiaux efficaces afin de posséder les systèmes de renseignement, de communication, d'écoute, de météorologie, de guidage et de navigation que la défense moderne exige du point de vue à la fois stratégique et tactique… Il faudra célébrer un mariage à égalité entre des personnels d'origine soit civile, soit militaire.* » Jacques Blamont, *Vers de nouvelles frontières* (*Le Monde*, 23 juin 1993).

> « Les satellites de géodésie spatiale, mis au point pour mesurer la forme de notre globe [103]… permettent d'envisager pour un futur proche des relevés d'une précision de l'ordre du centimètre. Il est clair qu'une telle possibilité apparaît précieuse pour nos systèmes de défense. » (*Le Figaro,* 26 mai 1986)

Mais on aimerait en savoir davantage sur ce dernier point compte tenu de la précision annoncée. Le fait que *Le Figaro* se soit borné à extraire ces deux passages d'un discours qui abordait probablement d'autres sujets est significatif. La situation des satellites militaires se clarifie par la suite : en février 1993, on attribue au CNES la responsabilité des programmes et études, financés par le ministère de la défense à raison de plusieurs milliards par an ; le CNES, qui voit ainsi son budget fortement augmenter, passe alors sous la triple tutelle des ministères de la recherche, de l'industrie et de la défense (*Le Monde* des 28 février, 10 mars et 15 avril 1993) en attendant sans doute, comme presque toujours dans ce pays, une nouvelle réorganisation.

On dispose d'autre part d'innombrables livres et articles montrant l'impulsion donnée par les organismes militaires allemands, américains et soviétiques (et français, quoique à une échelle évidemment plus réduite) aux missiles et satellites [104], sans parler du reste. Comme un connaisseur, André Danzin, l'a écrit :

---

[103] Afin de localiser avec précision les objectifs militaires (silos de missiles, aérodromes, centres de commandement, etc.) et non pour permettre aux géophysiciens de s'amuser, même s'ils en ont profité. On peut représenter numériquement la forme du globe en développant la fonction « altitude par rapport à la sphère terrestre idéale » en série de fonctions spéciales très simples, analogues aux séries de Fourier et déjà connues de Legendre

[104] Voir McDougall, *The Heavens and the Earth. A Political History of the Space Age* (Basic Books, 1985), exposé général très documenté et fort lisible de la période antérieure à 1970, Michael J. Neufeld, *The Rocket and the Reich. Peenemünde and the Coming of the Ballistic Missile Era* (Harvard University Press, 1996), le dernier chapitre de Blamont, *Le chiffre et le songe,* écrit avant le livre de Neufeld mais qui fournit un bon résumé des activités allemandes, et David H. DeVorkin, *Science with a Vengeance. How the Military Created the US Space Sciences After World War II*

> « On voit mal comment aéronautique, électronique, informatique et télécommunications auraient pu naître et croître sans les torrents d'argent consacrés aux armements et à l'espace. » [105]

En fait, l'espace est issu tout autant de la défense, et d'abord de celle des Nazis comme Jacques Blamont l'écrit sans fard :

> « L'inoubliable débarquement [sur la Lune] marque le sommet du XXᵉ siècle, et il restera le symbole du triomphe de la science dans ce qu'elle a de plus sublime. C'est pourtant un fait que seul le crime allemand le rendit possible. »

« De plus sublime » parce que :

> « Le facteur principal du progrès scientifique n'est pas seulement l'appétit de connaître. Bien que les hommes vivent et meurent dans la confusion, l'homme est une force qui va : *quelque chose dans sa nature l'entraîne vers les étoiles.* » (souligné dans le texte)

Cela n'inquiète aucunement M. Blamont, qui ne se fait pourtant aucune illusion sur ce qu'il appelle « *la créature la plus laide, la plus*

(Springer-New York, 1992), sujet que M. Blamont ne traite pas bien qu'il soit depuis longtemps l'un des principaux experts mondiaux des *space sciences*. Le livre d'Alain Dupas, *La lutte pour l'espace* (éd. Seuil, 1977), reste utile. *L'Age des satellites* (éd. Hachette, 1997), du même auteur, présente en style grand public quelques informations historiques et célèbre les merveilleuses applications passées ou futures des satellites. Sur l'histoire des satellites militaires américains, voir par exemple William E. Burrows, *Deep Black. Space Espionage and National Security* (Random House, 1986) et Paul Stares, *The Militarization of Space. U.S. Policy, 1945-84* (Cornell University Press, 1985) sur les armes anti-satellites.

[105] *Le Monde* du 28 février 1979, et voir mes trois articles "Aux sources du modèle scientifique américain" (*La Pensée,* n°201, 203, 204, 1978-1979) ; M. Danzin aurait pu ajouter le nucléaire civil et d'autres technologies à sa liste.

Ce genre de déclaration revient à dire que, sans la guerre froide, l'économie de marché dont on nous vante les capacités innovantes n'aurait pas produit ces technologies. Au surplus, la guerre froide est une conséquence directe de la révolution de 1917 – l'Amérique ne reconnaît le régime soviétique qu'en 1933 – et de l'invasion de l'URSS qui, en permettant à l'URSS de dominer en retour l'Europe de l'Est jusqu'à Berlin et au-delà, a transformé un péril idéologique en « menace militaire ». On pourrait donc prétendre que c'est à Lénine, Hitler, Staline et à l'anticommunisme viscéral des Américains, beaucoup plus qu'à l'économie de marché, que l'on doit les actuelles merveilles de la technique.

sale et la plus méchante de ce côté-ci de la Galaxie », une créature qui aurait précisément comme destin de s'échapper de la Terre même si « *une volonté qui le dépasse exige de l'homme des sacrifices humains* » [106].

Indépendamment de ces considérations que les adorateurs aztèques du Soleil auraient plus facilement comprises que la plupart de nos contemporains adultes – lorsqu'en 1979 on interroge le public américain sur son choix des priorités scientifiques, il place la médecine en premier et l'exploration des planètes en treizième position (*Science Indicators*, 1980), les sondages ultérieurs n'étant pas plus favorables –, on peut effectivement douter qu'en l'absence de la guerre et de la course aux armements, une entreprise privée ou publique aurait eu l'idée de se lancer dans l'espace « civil » ; le programme aurait à tout le moins des décennies de retard [107]. L'intérêt, notamment politique, des satellites civils de communication, de météorologie, etc. a certes été perçu dès les années 1960, notamment par les grands trusts américains (Tel-star, Comsat, Intelsat pour les communications) ; en 1962, le vice-président des États-Unis, Lyndon B. Johnson, qui après le Spoutnik

---

[106] *Le chiffre et le songe,* pp. 895, 9, 896. Je trouve dans un article du même, "Un petit effort en faveur du sublime" (*Le Monde*, 30 décembre 1972) une remarque hérétique : le budget de la force de dissuasion ou même celui des anciens combattants suffirait à financer un projet Apollo national. Même les Soviétiques ont décidé qu'arriver les seconds sur la Lune ne présentait aucun intérêt…

[107] Edmund Beard, *Developing the ICBM. A Study in Bureaucratic Politics* (Cornell University Press. 1976), p. 206, indique qu'aux USA les engagements de dépenses dans le secteur des missiles entre 1946 et 1960 s'élèvent à 36 milliards de dollars courants (soit au moins 200 milliards actuels), dont 13,6 pour les missiles sol-sol à portée intermédiaire ou intercontinentale et quelques milliards pour les missiles à poudre Polaris. La R&D, à l'exclusion de la production encore très limitée à cette époque, représente au moins le tiers du total. Voir aussi Stephen I. Schwartz, *Atomic Audit* (Brookings, 1998), chap. 2, très détaillé.

Ceci dit, il y avait déjà bien avant 1939 aux États-Unis, en URSS et ailleurs des ingénieurs qui tentaient de construire de petites fusées (voir McDougall) ; on peut toujours imaginer que, dans un XXe siècle en paix, leurs projets auraient fini par être pris au sérieux – mais à quelle date ?

de 1957 a mené au Sénat l'offensive pour les missiles et l'espace afin de discréditer les Républicains au pouvoir, déclare par exemple ceci :

> « Des progrès dans le domaine de la transmission rapide de données permettront d'envoyer, en l'espace de deux semaines, l'ensemble du contenu de la bibliothèque du Congrès, chaque page de chaque livre qu'elle contient, n'importe où dans le monde. Ce qui signifie que les étudiants et les chercheurs des nouvelles nations d'Afrique et d'Asie n'auront plus à pleurer pour obtenir chez eux des bibliothèques ou autres sources documentaires. En une poignée de secondes, ils auront accès au plus gigantesque fonds de connaissance de la planète. » [108]

Mais l'intérêt militaire des satellites d'observation et de télécommunications a été perçu bien avant, dès 1945 (Werner von Braun) et 1946 (Rand Corporation) pour les premiers ; les militaires américains les utilisent à partir de 1960 et ont depuis longtemps leur propre réseau mondial. Au surplus, aux USA et en URSS, il fallait, pour lancer les satellites, utiliser les premiers missiles militaires (Thor, Atlas et Titan aux USA) développés dans les années 1950 ; on utilise encore leurs descendants directs, l'explosion d'un Titan-4 ayant fait perdre à la CIA un satellite de 800 millions de dollars et un missile de 200 millions *(International Herald* Tribune, 5 août 1993) : et le budget militaire américain de l'espace est de plus en plus énorme comme on l'a dit. Tout cela, y compris la Lune, relevait donc

---

[108] Cité par Vernon Van Dyke, *Pride and Power. The Rationale of the Space Program* (University of Illinois Press, 1964), p. 112, qui se demande quand cette manne céleste sera, pour commencer, disponible dans son Iowa ; noter l'analogie entre la déclaration délirante de Johnson et la propagande actuelle en faveur d'Internet.

Exercice : en supposant que la Library of Congress possède dix millions de livres comportant en moyenne un million de caractères, calculer en bits par seconde la vitesse de transmission nécessaire à l'opération ; il faudrait aussi, au préalable numériser les dix millions de volumes. Le livre de Van Dyke et ceux de John Logsdon, *The Decision to Go to the Moon* (University of Chicago Press, 1976) et Robert A. Divine, *The Sputnik Challenge* (Oxford University Press, 1993), sont des mines de citations et commentaires sur les buts et motivations du programme spatial américain. On ne dispose pas encore d'une littérature aussi sérieuse sur les activités soviétiques.

beaucoup plus d'un *technological anticommunism* [109] américain (ou anti-capitalisme soviétique) que de l'aspiration faustienne de Jacques Blamont à expédier ses infortunés descendants vers les étoiles ou, pire encore, vers les trous noirs. Les scientifiques devraient lire les politologues ; la recherche spatiale n'est pas seulement une entreprise de la communauté scientifique internationale pour obtenir des « torrents d'argent » à l'usage de ses chères études [110]…

Enfin, le développement des missiles et donc de l'espace supposait non seulement les V-2 mais aussi et plus encore les armes nucléaires : gaspiller un engin d'au moins trente millions de dollars de 1960 pour expédier une tonne de TNT à 8 000 kilomètres avec une erreur de 2 km à l'arrivée eût été ridicule [111]. L'opération devenait rentable parce

[109] McDougall, p. 344, attribue cette expression à Stanley Hoffman, politologue de Harvard bien connu en France. Logsdon, *The Decision…*, cite p. 118 le témoignage de Jerome Wiesner, futur président du MIT et principal conseiller scientifique de Kennedy, qui explique pourquoi les scientifiques furent à peine consultés sur le projet Apollo : « *Il ne s'agissait pas d'un conflit entre questions scientifiques et questions non scientifiques ; il s'agissait de l'utilisation de moyens technologiques à des fins politiques* », le problème étant, après le Spoutnik et le vol de Gagarine, de trouver un projet encore plus spectaculaire – on pense au dessalement de l'eau de mer – qui donnerait aux USA une bonne chance de battre les Soviétiques dans la course au prestige. Wiesner précise que le comité scientifique conseillant Kennedy (le PSAC) « *n'accepterait jamais une telle dépense sur la base d'arguments scientifiques* » parce que l'intérêt scientifique d'un vol habité vers la Lune était beaucoup trop faible. En fait, le PSAC estimait en mars 1958 qu'une expédition vers la Lune coûterait environ deux milliards de dollars – voir le rapport général sur l'espace dans les mémoires de James R. Killian, Jr., *Sputnik, Scientists, and. Eisenhower* (MIT Press, 1977), appendice 4, par le conseiller scientifique d'Eisenhower et président du MIT à l'époque – mais cette estimation fut rapidement remplacée par des chiffres plus réalistes, le total final étant d'environ quarante milliards.

[110] Comme M. Blamont, les gens du PSAC, en 1958, placent en première ligne des justifications de la course à l'espace « *the compelling urge of man to explore and to discover, the thrust of curiosity that leads men to try to go where no one has gone before* » (ensuite : défense, prestige national et progrès scientifique). La technique de propagande consiste à attribuer à l'espèce humaine, « man », des aspirations qui, en réalité, ne concernent qu'une infime fraction de celle-ci.

[111] Ce qui n'empêche pas l'équipe von Braun d'avoir étudié en 1944-1945 un projet de "missile transatlantique" de ce genre. Voir l'article d'Emma Rothschild sur "l'économie de la dissuasion" dans Jean-Jacques Salomon (dir.) *Science, guerre et paix* (éd.

que le missile transportait une arme de quelques millions de dollars rasant tout dans un rayon de plusieurs km. Les satellites d'observation, de leur côté, sont nés avant tout pour repérer et surveiller les bombardiers et missiles adverses ; le problème était particulièrement urgent dans l'Amérique du Spoutnik puisque les propagateurs du *missile gap* – militaires, CIA, journalistes « bien informés », politiciens de l'opposition démocrate, etc. – prévoyaient en 1958 jusqu'à cinq cents missiles soviétiques en 1960 et mille en 1961 (d'où sans doute les « prévisions » françaises notées plus haut) ; dans la réalité, il y en eut au grand maximum trente cinq en 1960, voire même seulement quatre selon des auteurs bien placés pour le savoir [112]. Les satellites américains, après les avions U-2, contribuèrent donc à discréditer les prévisions alarmistes de ceux qui voyaient déjà l'URSS se lancer dans un Pearl-Harbor atomique : ce fut leur contribution positive. Ils ont aussi servi à repérer quelques dizaines de milliers d'objectifs potentiels en URSS (et vice-versa) ; c'est leur autre face, avec le guidage des avions et missiles de croisière grâce au Global Positional System (GPS) qui permet aux bombardiers « furtifs » B-2 de se repérer à dix mètres près (et aux civils à cent mètres près).

Economica, 1989), notamment p. 109, où l'on trouvera des articles se rapportant directement aux problèmes évoqués ici.

[112] John Prados, *The Soviet Estimate* (Princeton University Press, 1986), pp. 79 (ou Divine, p. 173) pour les prédictions et p. 187 pour la réalité. Après le Spoutnik, Khrouchtchev, au courant des craintes américaines grâce à un espion bien placé, en rajoutait en se vantant de produire des missiles à la chaîne « comme des saucisses ». Le résultat de cette ingénieuse politique – on en a vu d'autres exemples aussi brillants des deux côtés – est que les Américains possèdent déjà 454 missiles intercontinentaux en 1963 et 834 en 1964, que les Soviétiques n'en ont que 91 en 1963, pour la plupart des SS-6 de type 1957, de fiabilité médiocre et très vulnérables car à carburant liquide, que les Américains les ont repérés grâce à leurs satellites, ce que les Soviétiques savent. L'ascension américaine cesse en 1967 avec 1 054 engins (les militaires en avaient demandé trois à dix fois plus), les Soviétiques s'en donnant 1527 en 1972. Mais comme on place ensuite sur les missiles trois, six ou quatorze têtes nucléaires, ces chiffres ne reflètent pas la réalité ultérieure.

J'ai dit au début de cet ouvrage censé parler de mathématiques que ce qui distingue les mathématiciens des physiciens, c'est le désir de précision absolue des premiers ; les militaires le partagent depuis longtemps même s'ils ne sont pas encore tout à fait capables de faire entrer un missile de croisière dans la salle de bains de Saddam Hussein à l'instant précis où celui-ci prend une douche.

8. Mathématiques appliquées et armes nucléaires

Il y a quelques années, Jean-Louis Lions a dirigé avec Robert Dautray la rédaction d'un grand traité d'*Analyse mathématique et calcul numérique pour les sciences et les techniques* (éd. Masson, 2 000 pages environ ; éd. Springer pour l'édition anglaise) auquel la plupart des mathématiciens appliqués français ont coopéré ; on peut y apprendre, y compris en mathématiques « pures », des masses de mathématiques utilisables dans toutes sortes de domaines généralement non précisés. La carrière de M. Dautray est beaucoup plus instructive que celle de M. Lions.

Prévenons d'abord le lecteur que, si l'on n'est pas du sérail, ce qui est mon cas, on s'aventure sur un terrain fort mal éclairé. Dans l'enquête d'André Harris et Alain de Sédouy, *Juifs et Français* (éd. Grasset, 1979), un neveu de M. Dautray, major de l'X comme son oncle, attribue à celui-ci l'idée que :

> « S'il y a bien quelqu'un en France qui doit savoir faire une bombe A, c'est un juif. » (p. 233)

Énoncé ambigu qui demanderait quelques éclaircissements quant aux cibles éventuelles. Il remarque aussi que :

> « M. Dautray ne tient pas de conférences de presse comme Oppenheimer. » (p. 235).

Le fait qu'après 1945 Oppenheimer s'exprimait en public et, fréquemment pour le public, prouve principalement son sens de la responsabilité à l'égard de ses concitoyens. Oppenheimer était un vrai scientifique ayant fait son éducation dans un milieu international parfaitement ouvert et influencé par la culture et les problèmes politiques de l'époque – crise du capitalisme, guerre d'Espagne, socialisme, nazisme, etc. Ses « conférences de presse » – dépositions publiques au Congrès, livres et articles, déclarations à son « procès » qui, sans être toutes à son avantage, n'en sont pas moins révélatrices –, tout cela constitue une source irremplaçable pour les historiens. Plût au Ciel que M. Dautray ait suivi son exemple au lieu de se borner, en bon polytechnicien, à dialoguer avec le pouvoir dans des commissions d'où rien ne filtre.

Fils de juifs polonais réfugiés en France avant 1939, M. Dautray [113] est sauvé par de braves paysans du Centre lorsque ses parents sont déportés à Auschwitz. Entré aux Arts et Métiers où on lui conseille de viser plus haut, il entre en 1949 à Polytechnique et en sort premier. Il débute au CEA en 1955, année où l'on crée en secret, d'abord sous un nom anodin, la *Division des applications militaires* (DAM) avec laquelle un seul physicien connu, Yves Rocard, accepte à l'époque de collaborer ; celui-ci n'est pas un spécialiste mais a été membre pendant la guerre des services secrets du général de Gaulle

---

[113] Dautray n'est pas son nom véritable. Voir ce qu'en dit Alain Peyrefitte, *Le mal français* (éd. Plon, 1976), au chapitre des *Cerveaux d'État,* expression parfaitement justifiée mais dont M. Peyrefitte sait aussi bien que moi que, dans notre jeunesse commune à l'Ecole normale, elle était considérée comme passablement péjorative. Le colloque en hommage à M. Dautray sur *Les grands systèmes des sciences et de la technologie* (éd. Masson, 1983), « coordonné » par Jules Horowitz (X-Mines, au CEA de 1946 à sa mort récente) et J.-L. Lions, commence par une « biographie » de M. Dautray par Horowitz dans laquelle, conformément aux lois du genre, on n'apprend strictement rien. Voir un autre éclairage sur cette « *énigme entretenue par la rumeur vis-à-vis de laquelle il est totalement sourd* » dans l'article du biologiste Pierre Douzou au colloque.

(BCRA), comme l'administrateur général du CEA, Pierre Guillaumat, et un colonel Albert Buchalet qui passe du commandement d'une unité de parachutistes en Algérie (!) à celui de la DAM et fera une fort belle carrière dans l'industrie nucléaire après l'explosion atomique de 1960. Sans faire initialement partie de la DAM, Robert Dautray participe pendant une dizaine d'années à la construction du réacteur Pégase destiné à tester les éléments combustibles de la défunte filière graphite-gaz française, aux études sur le prototype de réacteur pour sous-marins [114], à la régulation de l'usine (Pierrelatte) de séparation isotopique de l'uranium pour l'armement – plusieurs milliers de compresseurs à synchroniser, mais il nous dit dans le colloque Lions cité plus loin qu'il suffit de savoir en synchroniser quelques dizaines puisque le problème mathématique est linéaire – et à la réalisation du réacteur de recherche franco-allemand de Grenoble permettant de produire des flux intenses de neutrons.

M. Dautray est nommé directeur scientifique à la DAM en 1967 et de celle-ci en 1971, puis de tout le CEA en 1991 pour, finalement, en devenir en 1993 le haut-commissaire en remplacement de M. Teillac, ce qui en fait le personnage n°1 bis ou n°2 du CEA ; le n°1, l'administrateur général, représente directement le gouvernement et, de nos jours, provient naturellement de l'Ecole nationale d'administration. Sa notice dans le *Who's Who* de 1996, qui ne mentionne pas son rôle à la DAM, nous dit que, comme Lions, il conseille diverses organisations : le CNES, EdF, Renault, l'Institut français du pétrole, l'ONERA, l'IRIA (et même Los Alamos, *Le Monde*, 13 mars 1991). Il s'est aussi occupé des plasmas à haute température, *id est* de la fusion nucléaire contrôlée par confinement

[114] Comme les piles américaines de la guerre, la filière graphite-gaz présentait le double avantage de fonctionner à l'uranium naturel et de produire beaucoup de plutonium. Le premier prototype de réacteur pour sous-marins, basé sur ce système, dut être abandonné en raison de son encombrement prohibitif et fut remplacé par un réacteur de type PWR, filière inventée pour les sous-marins nucléaires américains. La filière "civile" graphite-gaz a ensuite été abandonnée sous la pression de l'EdF, qui a préféré comme tout le monde le système PWR de Westinghouse.

magnétique ou par confinement inertiel (laser Phébus de Limeil, le plus puissant d'Europe), domaine dont les Soviétiques et les Français du CEA commencent à s'occuper au début des années 1960 avant même les Américains, semble-t-il, et dont j'ignore ce qui sortira [115] ; s'il s'agit de produire de l'énergie civile, ce n'est pas encore pour demain. On construit actuellement dans le sud-ouest de la France une énorme installation de 240 faisceaux lasers et, à Vaujours, un accélérateur à rayons X destinés, eux aussi, à la simulation des explosions thermonucléaires ; le problème mobilise certainement des modélisateurs mathématiques, informaticiens et experts en *supercomputers* puisque les essais sont devenus diplomatiquement, quasi impossibles. Ce projet de 16 milliards de Francs (*Le Monde*, 30 janvier 1996) a donné lieu à un accord « secret » de coopération avec les Américains, qui ont déjà une installation analogue à Livermore et disposent de beaucoup plus de données expérimentales que les Français ; L'*International Herald Tribune* du 18 juin 1996 qui le révèle nous dit aussi que des échanges de ce genre entre la France et les USA ont eu lieu depuis le début des années 1970, notamment pour la mise au point des missiles à têtes multiples et, depuis 1985, pour assurer la sécurité et la fiabilité des armes stockées, lesquelles peuvent se détériorer en vieillissant. Ces relations franco-américaines ont déjà fait l'objet de quelques articles américains et français plus sérieux mais qui ne sont guère d'accord sur les faits, ce qui n'est pas surprenant.

---

[115] Le décret n° 80-247 du 3 avril 1980 (*Journal officiel* du 6 avril) soumet les recherches et publications dans ce domaine à une autorisation préalable du secrétariat général de la défense nationale et à un comité de contrôle présidé par le SGDN et comportant des représentants des ministères de la défense, des universités et de l'industrie. Dans un article sur *Les fournaises du laser Phébus* (*Le Monde*, 25 février 1987), qui ne mentionne pas M. Dautray, on fait dire à M. Roger Baieras, actuel directeur de la DAM, que l'objectif de Phébus est de « *s'approcher, par des expériences, de la réalité de certains phénomènes élémentaires pour confronter ensuite les enseignements recueillis avec les modèles développés par les physiciens gui travaillent sur les armes* ». Jacques Chevallier, *L'aventure de la bombe*, p. 131, confirme que dès le début des années 1960, on avait pour objectif « *de futures applications à la physique des armes thermonucléaires* ».

Le principal objectif du projet est de mettre au point vers 2015 une nouvelle tête nucléaire durcie [116] et plus « furtive » pour les sous-marins, mais aussi, selon le journal *Le Monde* du 27 avril 1996 citant la DAM, de « *préserver les compétences des physiciens* » de celle-ci. Cet argument, fréquemment invoqué dans le secteur militaire depuis la fin de la guerre froide, explique l'invraisemblable série d'innovations sorties des laboratoires des deux camps. On ne peut en effet pas entretenir des équipes dans un bon laboratoire d'armement (ou de biologie moléculaire) sans qu'il en sorte constamment des innovations ; aux USA, on explique même que celles-ci sont nécessaires pour maintenir le « moral » des techniciens, ce que tout scientifique peut comprendre :

> « Le personnel du BSD [Ballistic Systems Division de l'Air Force] était composé d'ingénieurs constamment à l'affût de nouvelles technologies et de nouveaux modèles pour améliorer leurs produits. Leur moral et leur satisfaction personnelle reposent sur des innovations continuelles. » [117]

On n'arrêtera pas le développement des armements sans d'abord dissoudre ces laboratoires spécialisés ; vaste programme, certes. Hubert Curien, physicien qui a présidé le CNES et beaucoup d'autres-choses, m'a répondu un jour qu'à ce compte il faudrait aussi dissoudre tous les laboratoires scientifiques. Mais une découverte scientifique – la nitroglycérine, le phosgène, le bacille de l'anthrax, la fission et la fusion nucléaires, le laser – ne s'est jamais transformée en une arme sans passer par l'intermédiaire de laboratoires publics ou privés spécialisés dans l'armement et employant des quantités d'ingénieurs sans états d'âme dont le moral, la satisfaction personnelle et la carrière reposent sur des innovations continuelles. Ce sont ces institutions qui transforment le progrès scientifique ou

---

[116] Les défenses anti-missiles utilisent des explosions nucléaires en altitude, lesquelles dégagent des masses de rayonnements fort nuisibles et notamment des neutrons contre lesquels il faut protéger les armes transportées.

[117] Ted Greenwood, *Making the MIRV : A Study of Defense Policy Making* (Ballinger, 1975), p. 19. Les MIRV sont les missiles à têtes multiples guidées indépendamment.

technique en progrès militaire ; les scientifiques qui coopèrent ne pourraient rien sans elles.

M. Dautray a enseigné à l'Ecole polytechnique sans pour autant figurer dans les mémoires de Schwartz – c'est pourtant un académicien – et à l'Ecole nationale des techniques nucléaires ; il a écrit un livre de *Méthodes probabilistes pour la physique* (éd. Eyrolles, 1989) et, avec Jean-Pierre Watteau, un traité sur *La fusion thermonucléaire inertielle par laser* (éd. Eyrolles, 1993). Sa notice dans le *Who's Who* mentionne aussi *Cinquante ans de nucléaire*, publié par l'Académie des sciences, exposé historique fort schématique de l'évolution des techniques du nucléaire… civil.

Ce qui a rendu obscurément célèbre M. Dautray, c'est le rôle qu'Alain Peyrefitte, dans *Le mal français* (éd. Plon, 1976), lui a attribué dans le développement de la bombe H. Les maigres « informations » dont on dispose à ce sujet dans le domaine public sont fort loin de concorder.

Si l'on en croit M. Peyrefitte, en 1966-1967, les chercheurs du CEA qui travaillaient sur la bombe « *étaient devenus des fonctionnaires… carrière garantie, chasses gardées, situations acquises* » ; les ingénieurs de l'armement manquaient « *de la formation de chercheur et de la tournure d'esprit nécessaires pour réussir* » – voyez les mémoires de Laurent Schwartz – et « *les grands choix de recherches étaient décidés, non en raison d'une meilleure connaissance de la physique, mais comme si "le plus ancien dans le grade le plus élevé" devait être le plus savant.* »

Pendant que ces chercheurs avancent péniblement vers la solution, M. Peyrefitte, soumis aux pressions du Général, cherche désespérément « *l'homme de synthèse… le cerveau neuf… l'intelligence vierge* » qui pourrait tout dénouer ; mais l'auteur de *Rue d'Ulm*, où l'on célèbre les normaliens célèbres à l'exception des scientifiques, « *connaît un peu l'histoire des science*s » et, tout en reconnaissant qu'il ne comprend rien aux sciences elles-mêmes, sait que :

> « La plupart des découvertes ont été faites, non par des spécialistes enfermés dans leur spécialité, mais par des intelligences fraîches, aptes à regarder par-dessus le mur du voisin et à prendre leurs distances par rapport aux idées prédominantes. »

On imagine les réactions des polytechniciens aux intelligences défraîchies lorsqu'ils liront ces commentaires en 1976. Ses conseillers scientifiques lui présentent finalement Robert Dautray, « *un cerveau exceptionnellement doué, qui* [pourrait] *assimiler rapidement toutes les disciplines nécessaires à la synthèse.* » Celui-ci est nommé directeur scientifique à la DAM en 1967 par M. Peyrefitte, il se met à l'ouvrage :

> « Une combinaison de phénomènes physiques, dans la panoplie de ceux qui pouvaient être envisagés, lui parut la bonne […] en quelques semaines, la synthèse était élaborée, les études à approfondir défîmes et lancées, tous les efforts concentrés sur ce procédé. »

L'article [118] explose en août 1968 et procure au général de Gaulle « *l'une de ses dernières joies* » ; on a celles que l'on mérite et Mai 68 avait été moins drôle pour lui.

Yves Rocard, dans ses *Mémoires sans concessions* mais non sans regrettables lacunes, critique lui aussi (pp. 265-266) les « *structures hiérarchiques* » et mentionne un jeune ingénieur qui aurait eu une « *illumination* » mais auquel ses chefs n'auraient pas donné accès à l'ordinateur nécessaire. Selon Rocard, les échecs cessèrent lorsqu'on chargea du projet le physicien Jacques Yvon, de l'Ecole normale comme lui, ayant conçu toutes les piles du CEA et qui « *bouscula la hiérarchie qui s'était révélée incapable.* » Sans citer aucun autre nom,

[118] « *You can be quite sure that any power that gets hold of the secret will try to make the article and this touches the existence of human society. This matter is out of relation to anything else that exists in the world, and I could not think of participating in any disclosure to third or fourth parties at the present time* », à savoir l'URSS ou la France. Winston Churchill à Anthony Eden, 25 mars 1945 (Sherwin, *A World Destroyed*, p. 108). Churchill ignore qu'un an plus tard la loi MacMahon interdira même aux Britanniques, jusqu'en 1958 dans leur cas, de recevoir une quelconque aide américaine sur le plan atomique militaire.

Rocard évoque des carrières brisées et, comme toujours sybillin, ajoute :

> « Il est à craindre que d'autres, plus malins, plus souples, mais peut-être aussi plus instruits, en aient profité pour grimper plus haut. Il reste grandement choquant qu'on ne connaisse même pas le nom de l'auteur réel de la bombe H de la France. »

Ce qui suppose l'existence et l'unicité de celui-ci. Rocard évoque aussi la publication, sous le pseudonyme de Gigi, d'un petit livre intitulé *La bombe H, c'est moi* et dénonçant des dénis de justice ; il fut rapidement retiré de la circulation.

La version Peyrefitte – grâce à laquelle, comme l'écrira bêtement le *Figaro* [119] du 5 octobre 1993, M. Dautray est devenu le Teller et le Sakharov français qui a découvert en quelques mois le secret de la bombe H française – est peu crédible. Pour découvrir le « secret » en question, il a fallu à Teller, fanatique du sujet et physicien pour le moins honorablement doué, neuf ans (1942-1951) de réflexions menant d'abord à des impasses : il en a fallu sept (1947-1954) aux Soviétiques [120], dont largement quatre de concentration totale à Sakharov et autres (1950-1954), et autant aux Britanniques pendant les années 1950. L'exploit supposé de M. Dautray peut donc passer pour transcendental. Au surplus, seconde querelle de priorité, la

---

[119] Auquel M. Peyrefitte collabore régulièrement depuis longtemps. L'article, reproduit dans le livre de Billaud mentionné plus bas, nous dit aussi que M. Dautray est tellement préoccupé par sa sûreté personnelle qu'il a fait retirer sa notice du *Who's Who* (elle est réapparue depuis), qu'il s'est laissé pousser une moustache et s'est fait *couleur de muraille,* ce qui ne l'empêche pas de paraître dans des colloques fort publics.

[120] Voir David Holloway, *Stalin and the Bomb* (Yale University Press, 1994), notamment le chapitre 14. Noter que la fusion a été découverte en laboratoire en 1934 (Rutherford, Oliphant et Harteck) et que, quelques années plus tard, Hans Bethe l'utilisait pour expliquer l'énergie du Soleil.

version Peyrefitte et l'article du *Figaro* ont provoqué une violente réaction de l'un des co-auteurs de la bombe H française [121].

A partir de 1960 environ, nous dit Billaud (X, 1939), la DAM comporte trois sections : fission (bombe A), fusion (bombe H) et, bien sûr, mathématiques appliquées. Pendant plusieurs années, on s'y occupe beaucoup plus des armes atomiques que de la bombe H : de Gaulle veut disposer d'armes opérationnelles avant sa sortie de l'OTAN (1966) puisqu'autrement il ferait pitié [122]. En 1965, les ingénieurs de la DAM n'ont encore qu'une idée très floue de la bombe H ; les calculs, très lourds, difficiles à exploiter et demandant beaucoup de main d'œuvre [123], sont décevants et l'on croit qu'il faut

---

[121] Pierre Billaud, *La véridique histoire de la bombe H française* (éd. La Pensée Universelle, 1994), très mince opuscule de très petit format publié à compte d'auteur et épuisé. Je vais résumer sa thèse en lui en laissant la pleine responsabilité.

[122] La stratégie française repose sur l'hypothèse que, dans le cas d'une attaque soviétique classique en Europe, les Américains hésiteraient à attaquer directement l'URSS ou même à utiliser immédiatement leurs armes nucléaires tactiques sur le terrain. Les Français se serviraient alors des leurs pour transformer la guerre en conflit nucléaire ; c'est la théorie du "détonateur", mentionnée par exemple dans Frédéric Bozo, *La France et l'OTAN* (éd. IFRI/Masson, 1991, pp. 81, 103, 143, 154), dans Soutou ou dans Alain Peyrefitte, *De Gaulle m'a dit* (éd. Fayard, 1997) où de Gaulle, en 1964, parle d'une « *force de déclenchement et d'entraînement* » et de *starter* plutôt que de détonateur (p. 49). Il n'est pas surprenant que les Américains, ne désirant pas se laisser "entraîner" malgré eux, montraient peu de goût pour les armes françaises. De Gaulle dit aussi (Peyrefitte, p. 64) que, dans sept ou huit ans, la France sera en mesure de tuer 80 millions de Soviétiques et que cela suffira à "dissuader" les Soviétiques – tout au moins s'ils croient de Gaulle ou ses successeurs capables d'assumer les conséquences d'une pareille folie, notamment au cas où les Soviétiques se borneraient à une guerre classique.

[123] Les calculs d'Ulam et Teller ont été effectués sur des machines comptables ou de bureau, voire même à la règle à calcul, et sur l'ENIAC de 1945 ; l'ordinateur de von Neumann est intervenu un an après la percée. Les calculs soviétiques, « *menés au moyen de méthodes numériques, par des groupes mathématiques spéciaux et secrets de certains instituts de recherche de Moscou* » (Sakharov, *Mémoires*, p. 178), « *d'abord effectués au moyen de machines arithmétiques standard, devinrent une des principales applications des ordinateurs* » ; dirigés par Mstislav Keldych (p. 194), plus tard président de l'Académie des sciences de Moscou et mathématicien appliqué fort connu à l'époque, ils occupèrent une équipe de l'université de Moscou dirigée par I. M. Gelfand (p. 210). La DAM du CEA disposait à l'époque d'un ordinateur Stretch (IBM)

utiliser de l'uranium 235 dans l'amorce atomique. On ne sait comment interpréter les informations dont on dispose sur les engins américains, boites noires fermées à clé : on sait seulement ce qui se passe lorsqu'on appuie sur les boutons (voir plus loin).

Après la première bombe A chinoise de 1964, le Général de Gaulle commence à s'impatienter et, à la DAM, un conflit avec le responsable des mathématiques appliquées qui a une idée et demande tous les moyens (le « jeune ingénieur » que mentionne Rocard ?) conduit à son remplacement par un normalien, Luc Dagens. On reprend tout à zéro à l'automne de 1965. Billaud trouve à la fin de l'année une « *idée importante* » dont il ne précise pas la nature [124], mais on n'y croit pas et Billaud y renonce pour le moment. En janvier 1966, de Gaulle et Peyrefitte visitent le CEA ; Billaud, chef de la fusion, leur explique très prudemment qu'il espère expérimenter en 1967 ou 1968 et obtenir une arme opérationnelle quatre ans après. Le Général, qui ne peut attendre, « *demande des têtes* ». Billaud accepte de livrer la sienne un peu plus tard tout en restant conseiller de la division ; cela vaudra au programme, dit-il, un an de retard. En juillet 1966, Jacques Yvon, dont Robert Dautray est l'un des collaborateurs, est nommé délégué à la DAM du Haut Commissaire à l'énergie atomique. On organise des réunions avec quelques scientifiques extérieurs à la DAM, mais ces Messieurs sont très occupés nous dit Billaud, qui l'est aussi.

Dagens propose alors une autre mystérieuse méthode qui ne saurait être la bonne en raison de son rendement très réduit. Billaud reprend ses idées à la fin de 1966 et, après « *trois mois de travail à seize heures par jour, sept jours par semaine* », produit un volumineux rapport préconisant à nouveau la sienne. On en reconnaît l'intérêt

---

qui, sans être au niveau des Control Data 6600, était néanmoins beaucoup plus puissant que la machine de von Neumann.

[124] Les Français ont une tendance comique à maintenir secrètes des informations que, dans beaucoup de cas, on trouve dans la littérature américaine. La technologie proprement dite reste évidemment secrète, mais les idées de base sont connues depuis longtemps. Voir la note suivante.

mais non celui des schémas techniques qu'il propose pour la mettre en œuvre. Entre alors en scène un autre acteur, Michel Carayol (X, 1954), qui trouve à son tour au début de 1967 une nouvelle idée sur laquelle, pour une fois, Billaud nous fournit quelque lueur :

> « Laisser "suinter" d'un engin à fission… les rayons X thermiques dans une cavité en forme de doigt de gant avec un étage récepteur à son extrémité. »

Étage contenant évidemment les produits à fusionner ; cela commence à ressembler aux idées qu'Ulam, Teller, Zeldovitch et Sakharov ont découvertes largement quinze ans plus tôt [125]. On ne croit guère non plus aux idées de Carayol. Mais un nouveau directeur de la fusion, Jean Viard (X, 1946), organise en septembre 1967 un séminaire dans un centre plus calme, Valduc, d'où sort un projet combinant les idées de Billaud, Carayol et Dagens ; cette fois, cela « *semble marcher tout seul* » et l'on réalise effectivement, en août 1968, deux essais dont les puissances, 2,7 et 1,2 MT, sont, dit Billaud, conformes aux prévisions. La bombe H chinoise, elle, a explosé en 1967.

Et Dautray ? Billaud ne peut protester – secret militaire – contre la version Peyrefitte lorsqu'elle paraît, mais lorsqu'en 1993 *Le Figaro* présente M. Dautray comme le Teller et le Sakharov français en agrémentant cette assertion de commentaires sur les ingénieurs de la

---

[125] L'idée que Billaud attribue à Carayol ressemble surtout à l'une de celles de Teller en octobre 1950, avant la percée du printemps 1951 : « *Teller proposed to use the X-radiation to convey energy through a pipe – a radiation channel – to a small capsule of DT* [deuterium et tritium] *outside the fission system* » (Rhodes, *Dark Sun*, p. 459). La méthode fournit effectivement une énergie de fusion (25 kilotonnes sur les 225 kilotonnes de l'engin expérimenté) mais ne saurait fournir les mégatonnes d'une vraie bombe H. La configuration d'un engin capable de fournir une énergie théoriquement illimitée est beaucoup moins simple ; Rhodes, *Dark Sun*, chapitre 24, décrit la première bombe H (non opérationnelle) américaine ; Graham T. Allison, *Avoiding Nuclear Anarchy,* Appendix B, est plus précis. L'essentiel est déjà dans Howard Morland, *The Secret that Exploded* (Random House, 1982), par un journaliste ayant interrogé des dizaines de physiciens ; le gouvernement américain tenta de le censurer – unique cas dans l'histoire des USA – mais fut lui-même censuré par la Cour Suprême.

DAM qui avaient prétendument échoué, M. Billaud demande une rectification au journal, lequel ne répond pas ; surprenant. Il constate aussi que M. Dautray laisse passer l'article sans davantage réagir qu'au livre de M. Peyrefitte (encore que *Le Figaro* pourrait aussi avoir refusé de publier Dautray…). Il décide alors de publier sa version des faits, dont j'ai appris l'existence par les hasards d'une conversation récente avec un physicien ; on peut la consulter à la Bibliothèque nationale ; malgré l'heure traditionnelle d'attente, c'est plus rapide que de se livrer à de la marche au hasard dans le maquis des lacunaires bibliothèques de la région parisienne [126], institutions que de redoutables cerbères, généralement en jupons, protègent contre les intrus : au moins, à la BN, il suffit d'un titre de « professeur des universités » pour être admis.

M. Billaud, donc, aurait tout appris à M. Dautray en quelques jours à son arrivée à la DAM à une date qu'il ne précise pas – mai 1967 au plus tard. Loin de "faire la synthèse" des idées des trois principaux auteurs – elle aurait été réalisée lors du séminaire de Viard qui se tient, semble-t-il, après l'arrivée de Dautray – ou d'apporter à l'époque une quelconque idée nouvelle, Dautray, selon Billaud, se chargea d'aller rendre compte régulièrement de l'avancement des travaux au Secrétaire d'État successeur de M. Peyrefitte et plus précisément aux deux conseillers scientifiques qu'il avait hérités de celui-ci ; Billaud, c'est l'un des points très faibles de son récit, ne nous dit pas ce qui occupait M. Dautray entre ces visites. Celui-ci eut, selon Billaud, beaucoup de succès au Ministère : il comprend et enregistre tout très vite c'est la moindre des qualités des majors de l'X compte tenu de leur mode de sélection – et possède « *un talent remarquable pour présenter les questions scientifiques à des analphabètes* ». M. Billaud pense que M. Dautray n'aurait cité aucun nom lors de ces comptes-rendus, de sorte qu'on lui aurait attribué d'office la paternité du résultat. Quant au récit du génial politicien

---

[126] Faisons une exception en faveur de celle de la Fondation nationale des sciences politiques, remarquablement organisée et où l'on trouve notamment presque toute la littérature citée ici. Elle n'est toutefois ni ouverte à tous les publics ni à accès gratuit.

qui a découvert le génial major de l'X qui a résolu en quelques semaines l'insurmontable problème de la bombe H, ce ne serait qu'une « *belle affabulation… propre à mettre en valeur la "sûreté d'appréciation" de l'auteur dans des circonstances difficiles* ».

Cette fois, cela ne manque pas de vraisemblance compte tenu du ton général du *Mal Français*. Billaud précise qu'avant d'envoyer son livre à l'impression, Alain Peyrefitte communiqua *in extremis* au CEA ses réflexions sur les « cerveaux d'État », refusa d'en modifier le texte malgré les critiques qu'on lui en fit et se borna à y ajouter des notes qui ont « *plutôt consolidé… la fausseté fondamentale* » de son récit.

Le plaidoyer de Billaud ne permet en aucune façon de connaître les parts respectives des participants dans le projet français : tout y est affirmé ou suggéré sans la moindre preuve ou référence vérifiable, mais la version Peyrefitte, en dépit de l'élégance supérieure de son style – les normaliens littéraires écrivent beaucoup mieux que le polytechnicien moyen, c'est leur métier –, n'est pas mieux documentée. Nous ne savons donc en fait pas vraiment si c'est à Dautray ou à Billaud, Carayol et Dagens – Peyrefitte accorde en tout et pour tout à ces trois « *scientifiques de haut niveau* » une note de cinq demi-lignes à la fin de son livre – que revient l'honneur [127] d'avoir réalisé l'horreur thermonucléaire française. Dans *L'aventure de la bombe*, Jacques Chevallier explique que les ingénieurs ont

> « un peu patiné, en attendant que des scientifiques de haut niveau comme M. Yvon, M. Dautry [sic] s'intéressent au problème. J'ajouterai cependant, pour relativiser ceci, que l'idée décisive pour parvenir à la bombe H a été trouvée par un ingénieur militaire qui était à l'époque détaché à la DAM : M. Carayol. » (p. 161)

---

[127] Les trois ingénieurs, nous dit Billaud, furent d'abord honorés d'un déjeuner (!) avec Robert Galley, leur ministre de l'époque. Billaud reçut un peu plus tard la cravate de commandeur de la Légion d'Honneur des mains du général de Gaulle, distinction qu'il n'accordait pas à la légère, Carayol et Dagens étant, eux aussi, décorés par la suite. On créa pour Dautray en 1971 le poste de directeur scientifique de la DAM et il reçut le prix Lamb de l'Académie en 1974.

[Avril 2003 : Au séminaire de Valduc, qui n'avait pas adopté la solution Carayol, M. Dautray se serait borné à prendre d'abondantes notes. Or la Grande-Bretagne avait proposé à de Gaulle en 1963 un échange : secrets thermonucléaires contre entrée au Marché commun. Refusé à l'époque, il est accepté en 1967, et M. Dautray rédige une liste de questions techniques à poser à un expert, Sir William Cook, qui confirma la méthode Carayol. André Bendjebbar, *Histoire secrète de la bombe atomique française* (éd. Le cherche midi éditeur, 2000), dernier chapitre. Cet auteur a aussi écrit une thèse de 600 pages qu'il ne cite pas. NdA.]

Il nous reste donc à attendre la version des historiens – s'ils ont accès aux documents et si ceux-ci ne sont ni tronqués ni truqués [128] – et les futurs *Mémoires sans lacunes* de M. Dautray, à la retraite depuis avril 1998.

Quoi qu'il en soit, il paraît clair qu'à partir de 1967 au plus tard, celui-ci (avec une discrète aide américaine ?) s'occupe intensivement des armes nucléaires : perfectionnements et miniaturisation de la bombe H, bombe à neutrons trois fois moins chère que les autres et non déployée bien que le CEA, l'armée et presque toute la classe politique la réclament pendant plusieurs années [129] à partir de 1977,

---

[128] Dans Alain Beltran et George Henri Soutou (dir.), *Pierre Guillaumat. La passion des grands projets* (éd. Rive Droite, 1995), un journaliste non orthodoxe, Pierre Péan, qui expose les liens de Guillaumat avec les services secrets, rapporte ce que lui déclara celui-ci : « *A chacun son métier. Aux journalistes de faire le leur. A moi de garder le secret sur ce que je fais. Et on a rien fait de mieux que de ne pas parler et de ne pas faire de papiers.* » Cette tactique fort répandue permet aux émules de Guillaumat de reprocher 30 ou 40 ans plus tard aux historiens qui utilisent les archives de ne pas comprendre ce qui s'est réellement passé, comme j'en ai été témoin à diverses reprises. A qui la faute ?

[129] « *A l'heure où le gouvernement français se prépare à présenter aux Nations unies un plan de désarmement qui serait complet, général, progressif et contrôlé, le soin de ses techniciens à mettre au point – dans le secret de leurs laboratoires – des armes qui procureraient la mort la moins chère a de quoi indigner les plus endurcis* », écrit, dans *Le Monde* du 6 octobre 1977, Jacques Isnard, spécialiste attitré des questions militaires qui n'a pas habitué ses lecteurs à des commentaires de cette nature. La bombe à neutrons (variante de la bombe H minimisant les effets classiques de l'explosion et

armes des missiles à têtes multiples pour les sous-marins, arme nucléaire tactique Pluton de 250 km de portée qui inquiète bien davantage les Allemands que l'Armée rouge, etc.

Pour être objectif, il faudrait ajouter que M. Dautray n'a pas eu que des activités militaires. Il a par exemple récemment dirigé une étude de l'Académie des Sciences sur le réchauffement du climat, sujet d'actualité, par des méthodes informatiques. D'autres ont, il y a une quinzaine d'années, appliqué des méthodes analogues à ce qu'on a appelé l'hiver nucléaire : les conséquences climatiques d'un échange nucléaire massif.

Le sujet a été lancé en 1982 par *Ambio*, revue suédoise d'écologie scientifique et a donné lieu à de nombreuses études dans les années suivantes. L'Académie des sciences de Washington, dans *The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange* (NAS Press, 1985), a étudié un scenario supposant des explosions d'une puissance totale de 6 500 MT, dont 1 000 sur des cités et autant sur des forêts. Les incendies urbains pourraient produire 150 millions de tonnes de fumées et les incendies de forêts environ 30. Ces fumées, bloquant en partie les rayons solaires pendant des semaines ou des mois, entraîneraient des chutes de température drastiques (20 à 40 degrés selon certains calculs) sur de vastes régions de l'hémisphère nord, particulièrement en été. Les experts y compris ceux du centre de calcul de l'Académie de Moscou en 1983 et des gens de Livermore utilisant parfois d'autres hypothèses, ne sont évidemment pas parvenus à des conclusions certaines : le problème est trop complexe.

---

maximisant le dégagement de neutrons) peut mettre hors de combat en cinq minutes et tuer en quelques heures ou quelques jours les occupants d'un tank ; elle a été inventée vers 1960 par un physicien américain, Samuel Cohen, qui a dû faire campagne pendant vingt ans (y compris en France) avant de la faire adopter par le président Reagan. Les discussions dont elle a été l'objet illustrent à merveille la psychopathologie du nucléaire, par exemple dans Samuel T. Cohen et Marc Genestre, *Echec à la guerre. La bombe à neutrons* (éd. Copernic, 1980). Le dilemme, pour le pouvoir politique, était que la bombe à neutrons est une arme du champ de bataille terrestre alors que la théologie officielle repose sur la dissuasion (« frappes de semonce » suivies d'une attaque anti-cités).

Le caractère catastrophique des conséquences sur le climat, la végétation, les cultures et les hommes d'un événement de cette ampleur ne fait toutefois de doute pour personne : imaginez des tempêtes de neige à Paris au mois de juillet (la mer se refroidit moins vite que les terres émergées, d'où la neige) ou trente degrés au-dessous de la normale sur la majeure partie de la Sibérie et des États-Unis, sans parler des destructions et retombées radioactives. Il est intéressant de noter que ces études ont commencé une vingtaine d'années *après* la période à partir de laquelle le scenario de la NAS est devenu concevable.

9. Ondes de choc en retour

Indépendamment de ces amusantes querelles de priorité qui évoquent, en beaucoup plus ridicule, les rapports entre Ulam et Teller, il peut être utile de fournir au lecteur quelques lueurs sur les armes nucléaires et, pour commencer, sur les premières armes américaines [130] : l'équivalent de 10 à 15 mégatonnes de TNT ; un cratère d'un kilomètre de diamètre bordé par un talus de 50 mètres de hauteur dans le cas d'une explosion au sol, mais en altitude c'est encore spectaculaire ; une boule de feu de cinq à 6 km de diamètre, immobile pendant 15 secondes, dont la température, plusieurs milliers de degrés à la périphérie, suffit à provoquer des brûlures du deuxième ou du troisième degré à 10 ou 15 km de distance selon l'état de l'atmosphère ; une onde de choc qui démolit tout dans le même périmètre suivie d'un appel d'air en retour provoquant des vents de plusieurs centaines de km/h ; enfin des retombées radioactives qui, sous le vent, sont encore mortelles à des centaines de kilomètres comme des pêcheurs japonais ont eu l'occasion de s'en apercevoir.

---

[130] J. Carson Mark, *Global consequences of nuclear weaponry* (Annual Rev. of Nucl. Sci., 1976, vol. 26), par un expert de Los Alamos ; voir aussi, dans Rhodes, *Dark Sun,* une curieuse photographie superposant la boule de feu et Manhattan. Le gros livre de Samuel Glasstone, *The Effects of Nuclear Weapons* (US Government Printing Office, plusieurs éditions), a été traduit en français il y a une trentaine d'années dans une édition « réservée aux services officiels » que j'ai découverte un jour dans le fichier de la Bibliothèque nationale ; j'ai pu, non sans insister, en obtenir une copie d'un collègue bien placé – il dirigeait la DRME – et l'ai déposée à la bibliothèque Science et Société de Jussieu. L'édition américaine a toujours été en vente libre ; même les Indiens ont, en 1952, publié une étude analogue. Les Soviétiques aussi ont traduit Glasstone pour les besoins de leurs experts : c'est le « livre noir américain » dont parle Sakharov à propos des tirs expérimentaux. Sur ce terrain, les citoyens français n'ont pas été mieux informés par leur gouvernement que les soviétiques.

On comprend l'enthousiasme des dirigeants des grandes puissances et de ceux qui veulent avoir l'air d'en être, ainsi que la fascination de certains physiciens et ingénieurs, pour des engins aussi merveilleux ; mais il y a parfois des réactions psychologiques comme on l'avait déjà vu après Hiroshima aux États-Unis. Après la première explosion soviétique, le 22 novembre 1955, d'une vraie bombe H de 1,5 mégatonnes, le chef du projet, Kourtchatov, est tellement impressionné qu'en rentrant à Moscou il s'écrie, en russe probablement, « *Anatolius ! That was such a terrible, monstruous sight ! That weapon must not be allowed ever to be used* » (Holloway, p. 317), ce qui procède d'un sentiment fort louable bien qu'un peu tardif. Sakharov, placé à quelques dizaines de km de là et alors qu'il gèle, a l'impression qu'on a ouvert un four devant son visage (*Mémoires,* p. 217). Le soir de l'essai, au banquet présidé par le sous-ministre de la Défense – le maréchal Nedelin, commandant des missiles stratégiques, qui mourra avec quelques centaines de techniciens lorsqu'un engin explosera inopinément sur son pas de tir – Sakharov dit à peu près la même chose que Kourtchatov et s'entend répondre, en termes fort vulgaires, que c'est un problème pour les politiques et non pour les scientifiques, ainsi priés de retourner à leurs tableaux noirs. Une mésaventure analogue lui arrivera en 1961 lorsqu'il suggérera à Khrouchtchev de ne pas reprendre les essais (pp. 244-245).

Retourner à leurs tableaux noirs, c'est ce qu'ils font avec l'aide d'une équipe de mathématiciens de l'université de Moscou dirigée par I. M. Gelfand comme on l'a dit plus haut ; cette équipe, nous dit Sakharov, joua un rôle essentiel dans la mise au point de l'engin de 1,5 mégatonnes de 1955. L'un des plus grands mathématiciens soviétiques, Gelfand fut, avec von Neumann et André Weil, l'un de ceux dont, à partir de 1944-1945, les travaux m'inspirèrent le plus ; il s'agissait alors d'analyse fonctionnelle fort abstraite n'ayant aucun rapport avec la bombe H ou quoi que ce soit de ce genre ; ce n'était pas à Paris que l'on pouvait apprendre ou deviner que von Neumann était totalement passé depuis plusieurs années aux mathématiques « appliquées » et encore moins que Gelfand, tout en continuant, lui, à

publier des mathématiques standard, s'apprêtait à consacrer une partie de ses activités aux calculs de Sakharov (à supposer qu'il n'en ait pas fait d'autres auparavant, pour la bombe A par exemple) : c'est dans les années 1950 que, tout en calculant la bombe H, il écrit avec G. Shilov ses volumes sur la théorie des distributions de Schwartz, encore que sa production d'idées originales – il n'y en a guère dans ces exposés pédagogiques – se ralentisse curieusement pendant cette période. En fait, et tout en continuant à publier intensivement et presque toujours en collaboration dans des domaines variés, Gelfand aura, semble-t-il, dirigé pendant plusieurs dizaines d'années, à partir de 1951, une section de l'institut de mathématiques appliquées de l'Académie des sciences de Moscou ; il s'intéresse notamment à la biologie mathématique après 1960 – cela, on le savait bien avant la publication des mémoires de Sakharov –, peut-être parce que l'un de ses fils est mort d'une leucémie. La chute du régime lui permet ensuite, comme à beaucoup d'autres de ses collègues, de trouver un poste universitaire aux États-Unis et de voyager abondamment.

Le 30 octobre 1961, Sakharov, après une visite, donc, à notre éminent collègue Gelfand et à ses calculs (p. 247), fait exploser un engin de 57 mégatonnes, record du monde [131] ; Khrouchtchev proclame ensuite qu'il a refusé une expérience de 100 mégatonnes qui aurait cassé trop de vitres. Mais Sakharov (p. 250) a une idée géniale : construire des engins sous-marins, suffisamment robustes pour résister aux mines, qui se dirigeraient sans équipage, sur plusieurs centaines de km, vers les côtes américaines où ils feraient exploser ses 100 mégatonnes devant des bases navales (par exemple Newark, près de New-York ?). Ayant communiqué son idée à un amiral et celui-ci lui ayant répondu que la Marine soviétique ne combattait pas de cette façon, Sakharov, quelque peu honteux,

---

[131] Glenn Seaborg, *Kennedy, Khruschchev, and the Test Ban* (California University Press, 1981), p. 112, pour la puissance de l'engin ; Sakharov parle de « plusieurs milliers de fois Hiroshima », ce qui concorde. Seaborg, qui a isolé le plutonium (Berkeley, fin 1940) et en a obtenu un prix Nobel, est à l'époque président de l'AEC et négocie avec les Soviétiques l'arrêt des expériences atmosphériques.

renonça à sa brillante idée [132]. Il étudie aussi un autre engin, à nouveau conçu sans demande militaire nous dit-il (p. 251), et qui aurait tiré le maximum de la série expérimentée en 1961 ; le ministre dirigeant l'archipel atomique désapprouve ces initiatives en termes manquant d'élégance, sinon de réalisme :

> « Les théoriciens inventent de nouveaux engins destinés à l'essai quand ils sont aux toilettes et ils proposent de les essayer avant même d'avoir eu le temps de reboutonner leur pantalon. » [133]

Néanmoins, Sakharov réussit à « bricoler » la charge nucléaire indispensable et à obtenir un essai parfaitement réussi avant d'aller visiter à l'hôpital son père en train de mourir ; celui-ci lui dit qu'il aurait mieux fait de se consacrer à la physique théorique qui le passionnait lorsqu'il était jeune ; mais Sakharov nous a dit que ses hésitations initiales se terminèrent sur un coup de téléphone de

---

[132] Au début de 1950, nous dit Rhodes, *Dark Sun*, p. 418 en se référant à un document de Los Alamos, Teller imagine une bombe de mille mégatonnes ; intransportable par avion, on l'introduirait par la Volga (!) jusqu'au centre de l'URSS ; l'explosion produirait un nuage radioactif mortel sur une surface de 40x400 miles englobant Moscou. Quelques jours après Hiroshima, certains évoquent déjà, en Amérique, la possibilité pour un pays ennemi d'introduire une bombe atomique à bord d'un inoffensif navire de commerce que l'on ferait sauter à New York. Les idées que l'on prête à l'ennemi sont souvent celles que l'on trouve dans son propre cerveau : c'est « l'effet miroir » bien connu des experts en stratégie.

[133] « *…it is the man in the laboratory, not the soldier or sailor or airman, who at the start proposes that for this or that reason it would be useful to improve an old or devise a new nuclear warhead; and if a new warhead, then a new missile… The men in the nuclear weapons laboratories of both sides have succeeded in creating a world with an irrational foundation, on which a new set of political realities has in turn had to be built. They have become the alchemists of our times, working in secret ways that cannot be divulged, casting spells which embrace us all.* » Solly Zuckerman, *Nuclear Illusion and Reality* (London, Collins, 1982), pp. 105-106, par un scientifique qui a été le principal conseiller de la Défense puis du gouvernement britannique. Voir, du même, *Scientists and War* (Hamish Hamilton, 1966) et ses deux volumes de mémoires, *From Apes to Warlords et Monkeys, Men and Missiles : An Autobiography, 1946-1988* (Norton). Les *apes* (singes) et *monkeys* (gorrilles) font allusion au fait que Zuckermann était initialement un spécialiste du comportement animal, d'où - idée éminemment militaire - son recrutement pendant la guerre pour étudier les effets des bombardements sur les civils allemands.

Beria [134]. Ses idées et sa carrière changeront radicalement plusieurs années après ces événements, notamment parce qu'il aura pris conscience des risques dus aux retombées radioactives des essais et des dangers de la course aux armements, pourtant bien évidents dès le départ (Niels Bohr et rapport Franck, 1943-1945) et abondamment développés dans le *Bulletin of Atomic Scientists* : on le reçoit et on le lit dans l'archipel atomique, tout au moins au sommet, signe assez extraordinaire des privilèges dont jouissent les pensionnaires de celui-ci puisque le *Bulletin* n'a aucun intérêt scientifique : c'est de la politique, des discussions éthiques, des nouvelles, etc.

Seaborg note dans son livre que l'engin de 57 mégatonnes aurait fort bien pu développer 100 mégatonnes s'il avait été muni d'une enveloppe d'uranium naturel plutôt que de plomb, ce que Sakharov confirme en parlant, comme les Américains, d'une bombe « propre ». Témoin méticuleux qui enregistre tout sans commentaires superflus, Seaborg relate un échange auquel il a assisté entre Harold Macmillan et Sir William Penney, son principal expert en la matière :

> « Le premier ministre demanda quel serait l'effet d'une bombe de cent mégatonnes sur les populations. Penney répondit qu'elle carboniserait tout être humain se trouvant dans le périmètre de la ville touchée, fut-elle très étendue. » (p. 127)

On peut enfin noter que les premiers missiles intercontinentaux soviétiques réellement opérationnels, les SS-9 de 200 tonnes déployés à partir de 1965, étaient suffisamment lourds pour transporter une arme de 10 à 25 mégatonnes ; les deux cents SS-9 peuvent avoir été destinés à détruire d'emblée la centaine de bunkers souterrains contrôlant chacun dix missiles américains (Prados, pp. 204-206). Cette hypothèse est vraisemblable car il existe aux USA fort peu d'autres objectifs nécessitant une telle puissance d'annihilation : une

[134] On aurait tort d'en déduire que les physiciens soviétiques du nucléaire furent contraints et forcés de participer. Sakharov et les survivants invoquent tous la « menace mortelle » que l'Amérique faisait planer sur leur pays. Pour les successeurs, les avantages matériels suffisaient à susciter les candidatures.

mégatonne dévasterait Paris. Mais elle semble stupide puisqu'il resterait suffisamment de missiles sur les sous-marins à la mer pour dévaster l'URSS. Les « experts » en stratégie répondent que les Soviétiques pourraient menacer les Américains de détruire leurs villes si les sous-marins entraient en action, de sorte qu'il ne resterait plus aux Américains qu'à choisir entre la destruction totale et la capitulation. Mais pareille stratégie suppose le départ simultané des deux cents missiles en question ; ils seraient repérés par les satellites à infra-rouges, Washington alerterait les centres de contrôle et, après confirmation par les radars surveillant les approches du Canada, donnerait l'ordre de lancer les missiles américains avant l'arrivée des soviétiques. Pour éliminer ce scenario de *launch under attack* en cas de tension internationale maximum, il faudrait que les Américains tirent les premiers pour éliminer les missiles soviétiques et ne pas perdre les leurs. Mais alors il resterait les sous-marins soviétiques à la mer ; *back to case one*.

On est obligé d'en déduire que les SS-9 ne servaient à rien, non plus que leurs homologues américains. Mais puisque ces éminents logiciens étaient sûrement au courant d'un raisonnement aussi élémentaire, pourquoi donc ont-ils construit à grands frais des missiles inutiles ?

La question que je viens de poser a naturellement trouvé d'innombrables réponses et même une « solution » : en vous munissant de 1000 missiles portant chacun 6 têtes de 150 kilotonnes dont le cercle d'erreur probable est de 200 mètres, vous pouvez détruire 1000 silos ennemis en n'utilisant qu'un tiers de vos missiles ; il vous en reste le double pour dissuader l'ennemi de faire donner ses sous-marins ou ses bombardiers. Mais si l'ennemi potentiel se munit des mêmes engins et tire le premier, on se retrouve au point de départ : *launch under attack* à la puissance dix. Il paraît que c'est sur de tels paradoxes que la paix reposait et continuera à reposer. On a écrit des mégatonnes de profonde métaphysique sur le sujet ; le général Gallois a, en France, beaucoup publié. Ces raisonnements ont naturellement propulsé la course technologique à des hauteurs de

plus en plus absurdes, mais aussi des plus propres à maintenir le « moral » des techniciens – et industriels, lesquels, en l'absence de continuelles innovations, sombreraient dans une profonde mélancolie comme nous l'a dit Mr. Greenwood.

Je note d'autre part qu'à l'époque précise où M. Dautray arrive à la DAM, Pierre Sudreau – ancien résistant et déporté, ancien ministre du Général qu'il a abandonné en 1962 parce que la nouvelle Constitution lui donne des pouvoirs qu'il juge exorbitants – écrit le réquisitoire le plus violent qu'on ait jamais publié en France contre la stratégie anti-cités officielle ; auprès de celle-ci, dit-il dans *L'enchaînement* (éd. Plon, 1967) :

> « Les camps de concentration et la chambre à gaz font figure de procédés artisanaux. » (p. 209)

Ce qui rejoint la célèbre déclaration de Fermi et Rabi, fin octobre 1949, que York a reproduite vingt cinq ans plus tard dans *The Advisor* :

> « Une telle arme va forcément bien au-delà de quelque objectif militaire que ce soit et rejoint la catégorie des plus épouvantables catastrophes naturelles. De par sa nature même, elle ne peut être réservée aux seuls objectifs militaires [135] mais devient pratiquement, étant donné ses effets concrets, une arme de génocide. »

Il est évident qu'aucun fondement éthique, pour peu qu'il accorde à l'être humain un minimum d'individualité et de dignité, ne pourra justifier l'usage d'une telle arme, quand bien même les êtres humains en question seraient citoyen d'un pays ennemi.

---

[135] Fermi et Rabi pensent évidemment à des armes de plusieurs mégatonnes, les seules envisagées à l'époque (fin 1949). On a depuis construit des milliers d'armes de puissance inférieure (quelques dizaines ou centaines de kilotonnes), mais dix bombes de 50 kilotonnes (Hiroshima = 14 kilotonnes) bien réparties – un seul missile y suffirait –feraient environ un million de morts à Leningrad ou à Detroit, les deux villes considérées par une enquête de *l'Office of Technology Assessment* du Congrès américain. Les armes françaises n'ont de toute façon jamais visé d'objectifs militaires : il en faudrait quelques milliers pour que cette stratégie ait un sens, si l'on ose ainsi s'exprimer.

Sudreau n'a évidemment pas plus d'effet que les sondages d'opinion publique sur la politique gaulliste et les cerveaux d'État de la DAM ; du moins posait-il le problème tout en soulevant d'autres questions pertinentes, par exemple l'extravagant pouvoir de vie et de mort sur la France (et les Français…) que la bombe donne au Président de la République – M. Mitterand, à l'époque opposé aux armes nucléaires, l'a revendiqué lorsqu'il a, à son tour, dirigé la France : l'article exerce une irrésistible fascination… – et le détournement à des fins improductives de capacités intellectuelles et de crédits publics qui seraient mieux employés dans des secteurs plus utiles et plus rentables. Il y a quelques années, un petit scandale a éclaté en France parce qu'on a découvert dans un manuel d'histoire pour lycéens une comparaison, jugée patriotiquement sacrilège, entre le coût d'un sous-marin nucléaire et celui d'un hôpital, d'une école, etc. Livrons donc aux censeurs le texte suivant :

> « Chaque fusil fabriqué, chaque navire de guerre mis à flot, chaque missile lancé équivaut en fin de compte à un vol au détriment de ceux qui ont faim et n'ont rien à manger, qui ont froid et n'ont que des hardes sur le dos. Ce monde en armes ne gaspille pas seulement de l'argent ; il gaspille la sueur de ses ouvriers, le génie de ses hommes de science et l'espoir de ses enfants. Le coût d'un seul bombardier lourd moderne est le suivant : une nouvelle école en briques dans au moins 30 villes. C'est deux centrales électriques, alimentant chacune une ville de 60 000 habitants. C'est deux hôpitaux d'excellence, parfaitement équipés. C'est environ 50 *miles* d'autoroute goudronnée. Pour un unique avion de combat, nous donnons un demi-million de boisseaux de blé. Pour un unique destroyer, nous donnons des logements neufs qui auraient abrité plus de 8 000 personnes. »

Ce n'est pas un pacifiste [136] qui parle, c'est le président Eisenhower s'adressant le 16 avril 1953 à l'*American Society of Newspaper Editors* (McDougall, p. 114).

[136] On a beaucoup utilisé ce terme pour tenter de discréditer les opposants aux armes nucléaires (« Les missiles à l'Est, les pacifistes à l'Ouest », F. Mitterand à Bonn). On pourrait aussi bien, à ce compte, qualifier de bellicistes ceux qui en sont partisans.

10. Alibis en chaîne

Mais revenons aux problèmes que les vraies applications militaires posent aux mathématiciens et plus généralement aux scientifiques. Les prétextes utilisés pour justifier les contrats militaires ou assimilés sont bien connus et fort divers.

Le plus banal est que l'on en tire des postes et des crédits de matériel, que la science en profite – c'est cela l'essentiel comme nous l'a dit Francis Perrin, et peu importe la couleur de l'argent – et qu'en les refusant on risque d'être dépassé par les concurrents qui les acceptent. C'est une éthique de l'irresponsabilité souvent difficile à contrer car, ainsi qu'on l'a dit au début de ce texte, les contrats militaires ne couvrent, dans la grande majorité des cas, que des fragments d'un système technique beaucoup plus vaste auquel vous vous bornez à apporter votre pierre ; votre contribution ne va, par elle-même, rien révolutionner. L'ennui est que c'est presque toujours par l'accumulation de "petites" innovations que les systèmes d'armes progressent : les grandes révolutions techniques sont rares. S'il y a une centaine de gens pour apporter comme vous, chacun dans son domaine, leur pierre à l'édifice, la DRET, s'il s'agit de la France, est là pour assembler le tout.

Autre argument, les militaires ont souvent des problèmes particulièrement « pointus » à proposer, ils ont des vues à plus long terme que les civils et ils prennent plus facilement des décisions. C'est peu surprenant compte tenu des contraintes très différentes auxquelles sont soumises les innovations militaires et civiles. Dans le premier cas, la priorité va aux performances demandées par un seul

---

Rappelons qu'un pacifiste est, par définition, opposé à tout recours à la violence entre États et non pas seulement aux armes nucléaires.

et énorme client qui sait ce qu'il veut – du progrès technique –, qui paie l'essentiel de la R&D avant même la phase de production et qui n'hésite pas, pour des innovations majeures – les transistors et circuits intégrés sont des cas particulièrement flagrants –, à payer un prix que le marché civil n'accepterait jamais : la sécurité du pays l'exige [137]. Priorité, dans le second cas, aux besoins souvent peu connus d'un marché civil composé d'un très grand nombre d'acheteurs potentiels qui ne commencent à financer la R&D et l'industrialisation qu'après le début de la production et ne s'intéressent généralement qu'aux améliorations marginales : pendant des décennies, l'industrie automobile américaine dépense des millions de dollars pour améliorer la puissance de ses moteurs, argument de vente fort efficace, mais, aux environs de 1965, refuse d'en dépenser 400 000 en deux ans pour permettre à un gros laboratoire de mécanique des fluides du MIT désirant réduire ses contrats militaires de se lancer dans un étude scientifique de la combustion pour rendre les moteurs moins polluants. Le risque de voir une innovation technique aboutir à un échec commercial est très supérieur dans le second cas à ce qu'il est dans le premier : à la limite, le gouvernement renfloue Lockheed ou Matra et, de toute façon, répartit ses commandes entre les principaux producteurs [138]. Le résultat est que, dans certains domaines comme l'informatique ou l'aérodynamique, les scientifiques peuvent justifier leur collaboration avec les organismes militaires en expliquant qu'elle leur a toujours paru beaucoup plus commode qu'avec les organismes civils.

Participer à la « défense » de son pays est un devoir pour le scientifique. Ce très commode argument – ceux qui l'invoquent n'en retirent que des avantages – présente l'intérêt de mettre les contestataires dans une position difficile, particulièrement en période

---

[137] Il existe aussi quelques domaines – l'énergie nucléaire en est un exemple – qui, tout en étant civils, présentent des caractéristiques très voisines du domaine militaire.

[138] Jacques Gansler, *The Defense Industry* (MIT Press, 1980), par un membre de la corporation, analyse en détail les problèmes de l'industrie de l'armement américaine et les différences entre les secteurs civil et militaire. La situation française est plus simple étant donné le très petit nombre – fréquemment un seul – des fournisseurs possibles.

de péril national réel ou supposé. On ne peut y répondre qu'en se plaçant sur un plan supranational : l'argument vaut partout et non pas seulement pour votre pays. Il conduit au perfectionnement indéfini des armements comme on l'a vu depuis 1940 : les complexes scientifico-militaro-industriels de l'Ouest et de l'Est ont vécu en étroite symbiose pour leur plus grand profit commun. Ce n'est probablement pas dans l'intérêt à long terme de l'humanité dans son ensemble : quelles que soient ses justifications initiales, une arme ne peut être désinventée ; à l'humanité de s'en accomoder si elle en est capable. Les scientifiques qui, en 1939, ont persuadé le gouvernement américain de lancer un projet atomique croyaient parer à un risque allemand symétrique ; en fait, ils ont donné naissance à un monstre de Frankenstein qui s'est révélé inutile dans le contexte de la guerre, nonobstant Hiroshima et Nagasaki, et qui a immédiatement lancé la course aux armements Est-Ouest. Teller et Sakharov ont-ils eu *tous les deux* raison de munir leurs patries respectives d'armes thermonucléaires qui, dans chacun des deux cas, « menaçaient » l'autre et ses alliés et qui, en cas de guerre, auraient fait des centaines de millions de victimes ? Si les physiciens allemands avaient, par patriotisme, procuré la bombe A à Adolf Hitler, aurait-on dû les en féliciter ? Le « patriotisme » et la « défense » ont justifié toutes les horreurs du XXe siècle, y compris, dans le « bon » camp, les *saturation bombings* des cités allemandes et japonaises ou la guerre du Vietnam par exemple, en vertu du principe selon lequel « *si l'on peut invoquer la légitime défense ou la riposte à une agression… ensuite tout passe* » [139].

A cela s'ajoutent les exportations qui, en France où le marché national est trop limité pour vraiment rentabiliser les fabrications –

[139] George Wald, "A Generation in Search of a Future", in *March 4, Scientists, Students, and Society* (MIT Press, 1970), où l'on trouvera les textes de deux douzaines d'interventions, par des scientifiques en général professeurs au MIT ou à Harvard et quelques étudiants « contestataires », lors d'une journée organisée le 4 mars 1969 sur les problèmes de la recherche militaire et de la reconversion civile des laboratoires. Wald (Harvard) est prix Nobel de biologie. Sur le laboratoire de mécanique des fluides mentionné ci-dessus, voir pp. 37-39 (R. F. Probstein).

l'argent public finance le développement et l'industrialisation, les exportations produisent les profits –, représentent souvent la moitié de la production ou davantage. Ceux, scientifiques ou ingénieurs, qui ont aidé Dassault à perfectionner ses Mirage ont-ils apprécié le fait que c'est principalement à Saddam Hussein qu'ils ont servi ? Pour s'extraire de cette mélasse éthique, certains scientifiques américains, particulièrement ceux du nucléaire, ont emprunté au sociologue allemand Max Weber, popularisé en France par Raymond Aron, une version de son « éthique de la responsabilité » :

> « Ils ont rejeté tout à la fois l'idée que l'obéissance du scientifique à de plus hautes considérations éthiques lui interdirait de servir l'État, notamment dans le domaine des recherches militaires, et celle voulant que le scientifique doive tenir ses convictions éthiques personnelles à l'écart de ces recherches. Ils ont donc choisi de servir l'Etat tout en considérant de leur devoir d'influencer les stratégies étatiques dans le sens qui leur paraît le plus favorable à l'espèce humaine. » [140]

L'un des princes de la physique nucléaire américaine, Hans Bethe, venu d'Allemagne avant 1939 et directeur de la physique théorique à Los Alamos pendant la guerre, s'exprime par exemple comme suit en 1958 :

> « Afin de pouvoir remplir cette fonction de conseil auprès des décideurs politiques, les scientifiques (du moins certains d'entre eux) ne peuvent faire autrement qu'accepter de travailler sur les armes. Ils doivent le faire aussi parce que notre combat actuel ne s'inscrit pas (et heureusement) dans le cadre d'une guerre effectivement en cours, laquelle est devenue une absurdité, mais dans celui du développement technologique en vue d'une guerre éventuelle que personne ne souhaite voir arriver. Les scientifiques doivent contribuer à préserver ce fragile équilibre des armements qui ferait de toute déclaration de guerre une catastrophe pour les deux camps. Seul cet équilibre nous permet de promouvoir et de développer des projets plus constructifs tels que le

---

[140] Robert Gilpin, *American Scientists and Nuclear Weapons Policy* (Princeton University Press, 1962), p. 23. Noter le glissement dialectique de « l'État » à « l'humanité ». Le livre de Gilpin est l'une des discussions les mieux documentées de ces problèmes.

désarmement ou la coopération internationale, qui pourraient à terme mener à une paix plus définitive. » [141]

Tout compte fait, ce raisonnement revient à dire que pour être en mesure de modérer la course aux armements et de contribuer au désarmement final, tout scientifique responsable doit d'abord acquérir l'expérience technique indispensable et, pour ce faire, ne peut « *faire autrement qu'accepter de travailler sur les armes* » : mais on a alors, pour commencer, toutes les chances d'accélérer la course technologique qu'on se propose de faire cesser ; autrement dit de se retrouver prisonnier d'un insoluble paradoxe. En outre, Bethe sait fort bien que les opinions des scientifiques ne sont pas unanimes : à une extrémité du spectre, il y a ceux qui refusent tout contact avec les armes nucléaires ; et à l'autre :

> « Il y a ceux qui font tout ce que le gouvernement ou l'armée ou le CEA leur disent de faire. Ils s'efforcent d'inventer les armes les plus létales possibles et évitent de réfléchir à leurs effets. D'autres vont même plus loin : ils jettent de l'huile sur le feu. » [142]

Freeman Dyson, mathématicien anglais qui s'est converti à la physique théorique chez Hans Bethe à Cornell en 1947 et membre de l'*Institute for Advanced Study* de Princeton depuis 1948, s'est très abondamment exprimé dans des livres fort intéressants [143] ; on y trouvera notamment une parfaite démolition de la stratégie aérienne britannique de la dernière guerre qu'il a vue de près, de nombreuses réflexions sur le rôle des scientifiques comme von Neumann ou Oppenheimer, des informations sur les « armes miracles » et *technical follies* américaines réelles (l'avion à propulsion nucléaire

---

[141] *Bulletin of the Atomic Scientists,* décembre 1958, p. 428. Bethe lui-même avouera beaucoup plus tard ne pas savoir s'il a eu raison ou tort de participer au développement de la bombe H. Quant à la « paix plus définitive » qu'il espérait, elle est venue non d'un quelconque désarmement, mais, plus radicalement, du fait que l'un des deux camps a jette l'éponge et choisi d'imploser plutôt que l'inverse.

[142] *Bulletin of the Atomic Scientists*, juin 1962, pp. 25-28.

[143] *Disturbing the Universe* (Harper & Row, 1979, trad. fr. *Les dérangeurs de l'univers*, éd. Payot), *Weapons and Hope* (Harper & Row, 1984), etc.

par exemple) ou imaginaires (ce qu'il appelle les *gigaton bombs* des années 1950 par exemple, qui seraient allées beaucoup plus loin que les 100 mégatonnes de Sakharov), l'exploration des planètes et, dans *Weapons and Hope*, une discussion approfondie de la stratégie nucléaire et du « pacifisme ». Même si l'on n'accepte pas toujours les vues de Dyson, on trouve peu d'auteurs qui donnent autant à réfléchir, particulièrement dans son second volume.

J'extrais du premier le passage suivant :

> « Quelque part entre les incantations des non-violents et la stratégie de la Destruction Mutuelle Assurée, il doit y avoir un juste milieu […] qui autoriserait qu'on tue en cas de légitime défense mais interdirait le massacre gratuit d'innocents […]. J'appuierai ma position sur une distinction morale évidente entre […] usages offensifs et défensifs de certaines catégories d'armes […]. Les bombardiers sont nuisibles ; les avions de chasse et les missiles antiaériens sont utiles. Les chars d'assaut sont nuisibles ; les roquettes antichars sont utiles. Les sous-marins sont nuisibles ; la technologie anti-sous-marine est utile. Les armes nucléaires sont nuisibles ; les radars et les sonars sont utiles. Les missiles balistiques intercontinentaux sont nuisibles ; les systèmes anti-missiles sont utiles. » (p. 143)

Dyson connaît bien évidemment les difficultés, qu'il expose fort honnêtement, inhérentes à de pareilles distinctions. Un radar peut servir à abattre un bombardier ; il peut aussi permettre à celui-ci de repérer sa cible. Une arme nucléaire est nuisible si elle tombe sur une cité ; elle peut aussi servir à détruire un missile en vol vers une cité. Une protection anti-missile efficace peut mettre son possesseur à l'abri de représailles et, de ce fait, le lancer dans des aventures – c'est ce que les Soviétiques ont dit, initialement, de la *Strategic Defense Initiative* du président Reagan. Il est vrai que Dyson distingue entre les *usages* des armes et non, à proprement parler, entre les armes elles-mêmes : on pourrait, idéalement, réserver l'usage du radar à des missions défensives et n'en pas munir les bombardiers, mais sur la Terre c'est là une perspective des plus invraisemblable. Si donc l'on accepte ces distinctions entre *good* et *bad weapons* et si l'on en déduit qu'il est légitime de travailler sur les premiers en refusant les seconds,

on risque de se retrouver à nouveau en pleine mélasse éthique. Il y a aussi des cas où la distinction est totalement impraticable : un calculateur militaire, fût-il français, un logiciel comme ADA, est-il « utile » ou « nuisible » alors qu'il peut servir à tout type d'armement ?



Le président Truman avait, en janvier puis en mars 1950, ordonné le développement puis la production de la bombe H ; de nouvelles installations de production des matières fissiles, plusieurs fois supérieures à celles de la guerre étaient en construction ; tout le monde savait ou pouvait bien se douter à Los Alamos, centre de développement des armes atomiques où Ulam travaillait depuis 1943, que l'engin, réclamé par les militaires, le Congrès et l'opinion publique, serait fabriqué aussitôt mis au point ; développer une pareille arme sans la produire en quantités militaires, au risque de voir l'ennemi potentiel l'acquérir le premier, eût été inconcevable dans le climat de l'époque.

Comparez avec l'échange suivant entre Oppenheimer et le « procureur » Robb qui l'interroge à son procès à propos de ses premières recherches « purement théoriques » sur la bombe H pendant la guerre :

> Robb : […] éprouviez-vous ou étiez-vous retenu par des scrupules ou des doutes d'ordre moral concernant le développement de cette arme ?
>
> Oppenheimer : Bien entendu.
>
> R. : Vous en éprouviez ?
>
> O. : Bien sûr.
>
> R. : Et vous avez pourtant continué à travailler dessus ?
>
> O. : Oui, parce que c'était un travail de recherche, d'exploration. Il ne s'agissait pas vraiment de construire une arme.

R. : Voulez-vous dire que ce séjour n'était pour vous qu'une sorte d'excursion purement académique ?

O. : C'était un travail de recherche pour découvrir ce qu'il était possible de faire.

R. : Un travail qui allait coûter des millions aux contribuables, n'est-ce pas ?

O. : Cela arrive tout le temps.

R. : Etiez-vous disposé à dépenser des millions, voire des milliards de dollars provenant des poches du contribuable, simplement pour avoir la satisfaction personnelle de découvrir comment ça marche ?

O. : Nous n'avons pas dépensé de telles sommes.

R. : Etiez-vous prêt à dépenser cet argent pour une excursion purement académique ?

O. : Non. Ce ne sont plus des questions académiques dès lors qu'on a les moyens de fabriquer une bombe à hydrogène. C'est une question de vie ou de mort. [144]

— • —

Enfin, il y a ceux qui ne semblent pas voir où est le problème. C'est ce que dans un cas ici encore extrêmement extrême et donc extrêmement clair, nous explique un mathématicien de premier ordre, Stanislas Ulam [145], à propos de ses travaux sur la bombe H dans les années 1950, dans un texte d'anthologie :

« Contrairement à ces gens qui s'opposaient avec véhémence à la bombe pour des raisons d'ordre politique, moral ou sociologique, je ne me suis jamais posé de questions sur le fait d'effectuer des travaux de recherche purement théorique. Je n'ai jamais eu le sentiment qu'il était immoral d'essayer de mettre en équation les phénomènes physiques. Savoir si cela se justifiait stratégiquement parlant est un tout autre

[144] *In the Matter of J. Robert Oppenheimer* (AEC, 1954 ou MIT Press, 1971), p. 235.

[145] *Adventures of a Mathematician*, p. 222.

aspect du problème – c’est même, en fait, le point crucial d’une question historique, politique ou sociologique de la plus haute importance – et n’a pas grand chose à voir avec le problème physique ou technologique proprement dit. Le plus basique calcul de mathématiques pures peut lui-même avoir de terribles conséquences. Sans l’invention du calcul infinitésimal, la majeure partie de notre technologie n’existerait pas. Devons-nous en conclure que cette branche des mathématiques est pernicieuse ? [146]

J’étais d’avis qu’on ne devait pas lancer de projets conduisant à de possibles atrocités [147]. En revanche, une fois que les possibilités sont là, n’est-il pas préférable d’examiner attentivement si c’est vraiment faisable ? [148] Une position plus noble encore consisterait à s’assurer que si vous ne travaillez pas vous-même sur un projet, celui-ci ne puisse pas se faire du tout […]. Les projets thermonucléaires n’étaient ni très originaux ni particulièrement complexes [149]. Tôt ou tard, l’Union

[146] Newton, Leibniz ou Euler n’ont jamais inventé l’analyse afin de contribuer au perfectionnement des armements, encore moins d’armes capables d’anéantir 500 000 personnes en une minute ; le travail d’Ulam n’avait pas d’autre utilisation concevable. Il n’avait qu’un signe à faire pour obtenir à Harvard, Princeton ou Berkeley un excellent poste qui lui aurait permis, comme à tant d’autres, de faire des recherches inoffensives comme il le faisait avant la guerre.

[147] Mais Ulam nous dit (p. 209) qu’après l’annonce par Truman de l’expérience atomique soviétique de la fin août 1949, au cours d’une discussion avec Teller et von Neumann, « *l’ordre du jour était grosso modo : “Et maintenant, qu’est-ce qu’on fait ?”. D’emblée je déclarai qu’il fallait accélérer le développement de la “super”* », nom de code de la future bombe H.

[148] C’est ce que fit par exemple Hans Bethe ; bien que farouchement opposé au projet (voir son article avec Victor Weisskopf dans le *Bulletin of Atomic Scientists* de mars 1950), il retourna à Los Alamos après le début de la guerre de Corée dans l’espoir de montrer que la bombe H était physiquement impossible. (Il aurait aussi bien pu rester chez lui puisqu’en pareil cas ses collègues, avec ou sans lui, ne risquaient pas de la réaliser). Mais lorsqu’Ulam et Teller eurent prouvé le contraire, il jugea que l’Amérique devait l’avoir et l’avoir la première (procès Oppenheimer, p. 329). Oppenheimer se convertit aussi à la bombe après la découverte d’Ulam-Teller, qu’il qualifia de « *technically sweet* » (« techniquement sublime »). Il est difficile de ne pas en conclure que les convictions de ces gens manquaient quelque peu de solidité.

[149] Les avis divergent sur ce point. Fermi fut stupéfié, Bethe fut aussi impressionné par la découverte d’Ulam-Teller que par celle de la fission en 1939, et Ulam était bien placé pour connaître les difficultés du problème.

> soviétique ou quelqu'un d'autre s'y serait lancé et aurait construit sa bombe […]. Etant donné qu'une seule de ces bombes était en mesure de rayer de la carte les plus vastes cités, une guerre totale pouvait ainsi devenir moins vraisemblable encore qu'avec les actuelles bombes A et leur puissance de destruction terrifiante. » [150]

C'est l'alibi standard ; personne, à part quelques vrais « faucons » du début des années 1950, n'a eu l'audace de proclamer qu'il fallait produire ce type d'armement pour s'en servir immédiatement ; les militaires américains et soviétiques disaient à l'époque que les armes nucléaires « *servent à empêcher la guerre et, si elle éclate, à la gagner* » ou, comme ils l'ont dit plus tard plus prudemment, à « prévaloir » sur l'ennemi, *id est* à lui infliger des destructions dont il se relèvera vingt ans plus tard que leur propre camp (ce qui conduit à résoudre le système d'inéquations $x > y + 20$, $y > x + 20$). Mais la prévision d'Ulam ne pouvait être, en 1951, qu'une simple conjecture, et fort peu certaine. A cette époque en effet, la guerre préventive ou, à défaut, préemptive [151], que préconisaient plus ou moins ouvertement son ami von Neumann et le *Weapons Systems Evaluation Group* de l'Air Force que von Neumann présidait, bien que rejetée au niveau de la Maison Blanche, donnait lieu à passablement de discussions

---

[150] A la fin des années 1940, le CEA américain a déjà des bombes A d'environ 500 kilotonnes en cours de développement avancé, mais elles consomment beaucoup plus de matière fissile (Pu ou U 235) que les bombes H dans lesquelles une explosion A de puissance minimale suffit à amorcer une réaction thermonucléaire gigantesque. David Lilienthal, à l'époque président de l'AEC, témoignera au procès Oppenheimer, p. 422, qu'« *une seule de ces bombes [A] serait en mesure d'anéantir toute cible aux États-Unis – sauf peut-être une poignée de très grandes métropoles – et deux bombes suffiraient à raser n'importe quelle grande cité sans exception.* » Les premières bombes H, destinées aux B-30, avaient une puissance de 11 mégatonnes.

[151] *Guerre préventive* : attaquer sans préavis l'ennemi potentiel en période de paix normale. *Guerre préemptive* : l'attaquer le premier en cas de tension internationale aigüe afin de détruire ses armes avant qu'elles ne s'envolent. Pendant les années 1950, époque où les deux camps ne possèdent que des avions exigeant des heures de vol avant d'atteindre leurs objectifs, la tentation de la préemption était extrêmement forte aux USA compte tenu de l'énorme supériorité américaine en bombardiers et de l'absence de protection radar aux approches de l'URSS par le nord. C'était notamment la doctrine du général LeMay, commandant du *Strategic Air Command*.

publiques, sans oublier l'hystérie de la période McCarthy. Tout ce que l'on pouvait savoir en pleine guerre de Corée, alors que le général MacArthur avait été limogé non pour avoir poussé à l'emploi des armes atomiques mais pour l'avoir, contrairement aux ordres de Truman, évoqué dans une lettre à un membre du Congrès, c'était que le développement des armes thermonucléaires aurait des conséquences politiques et stratégiques énormes comme le reconnaît Ulam et que, ceci dit, l'avenir est la chose du monde la plus difficile à prévoir. Les homologues soviétiques d'Ulam, à la même époque, travaillaient dans une atmosphère de guerre, comme le dit Sakharov, pour protéger leur pays d'une attaque américaine qu'à tort ou à raison ils jugeaient fort possible, voire imminente [152].

D'innombrables inventeurs d'armes perfectionnées ont prétendu « tuer la guerre » en la rendant plus horrible : c'est le seul alibi décent que l'on puisse invoquer. C'est par exemple le cas de Richard Gatling, l'inventeur américain de la mitrailleuse à tubes multiples « *qui sera aux armes individuelles ce que la moissonneuse de McCormick est à la faucille* » ; de Nobel avec sa ballistite, poudre à canon issue de la chimie organique dans les années 1880 ; de la plupart des pionniers de l'aéronautique, y compris par exemple Orville Wright avant la Grande Guerre et après [153] (« *ce sera pour la prochaine fois* ») ; de ceux qui ont participé au développement de la bombe atomique et lancent la théorie de la dissuasion dès l'automne de 1945 ; des inventeurs de la bombe à neutrons qui aura sur les blindés le même effet que la mitrailleuse de 1914 sur l'infanterie et est donc « *une*

[152] Les espions qui ont procuré aux Soviétiques des masses d'informations sur la bombe A américaine jugent tous, eux aussi, qu'ils ont protégé la paix en aidant ceux-ci à se doter le plus rapidement possible de la même arme. Si l'on admet la théorie de la dissuasion mutuelle, les vrais héros sont donc peut-être ceux qui en ont tiré les conséquences logiques ultimes en prenant d'autres risques que les pensionnaires de Los Alamos ou d'Arzamas.

[153] Joseph J. Corn, *The Winged Gospel : America's Romance with Aviation, 1909-1950* (Oxford University Press, 1983) reproduit nombre de déclarations de ce type.

arme pour tuer la guerre » [154], en attendant sans doute les futures armes laser, etc. Pour le moment, la mort de la guerre n'est pas exactement au programme si l'on en croit les informations quotidiennes et les prévisions des experts en stratégie, reconvertis de l'Est-Ouest au Nord-Sud.

Si vous avez vingt ans en 1997, vous serez mieux en mesure d'en juger en 2047. Mais après vous, l'Histoire continuera à s'avancer masquée. L'humanité, fantastique machine à produire des cerveaux, produira dans tous les domaines des centaines d'Ulam et de Draper, de Sakharov et de Prandtl, de Dautray et de von Braun, de Korolev et de von Neumann. Elle continuera à produire des milliers de gens *prêts à tuer* pour s'emparer du pouvoir, le conserver, ou accroître les territoires qu'ils contrôlent. Les armes dites conventionnelles, *id est* non nucléaires, continueront à se perfectionner indéfiniment grâce aux efforts de centaines de milliers d'ingénieurs sans complexes ou dans l'incapacité, intellectuelle ou économique, de se reconvertir à des techniques civilisées. De nouvelles grandes puissances émergeront, d'autres couleront et des conflits se produiront, notamment si le nationalisme, en lequel de Gaulle voyait le moteur de l'histoire, les fanatismes religieux et le darwinisme économique du marché se répandent sur toute la planète : on l'appelle maintenant, curieusement, la « *guerre économique mondiale* », par exemple, au colloque en l'honneur de M. Dautray, dans le très pédagogique dialogue entre celui-ci et Bernard Esambert. Auteur d'un récent ouvrage du même titre sur le sujet et d'un *Pompidou, capitaine d'industries* (éd. Odile Jacob, 1994), M. Esambert, X-Mines fort attiré par les cabinets ministériels et la haute finance, avait déjà publié en 1977, dans la même veine, un livre intitulé *Le Troisième conflit*

[154] Jacques Chevallier, à l'époque directeur des applications militaires au CEA, *Echos du CEA*, 1978, n°1. La comparaison avec la mitrailleuse n'est pas très convaincante ; celle-ci a peut-être « tué » les attaques frontales d'infanterie, mais sûrement pas la guerre… Et si, comme le prétendent leurs partisans, les armes stratégiques rendent la guerre « impossible » par dissuasion mutuelle, pourquoi se préoccuper de détruire des blindés qui n'avanceront jamais ? (Réponse : parce que les armes stratégiques ne dissuadent, tout au plus, que de leur propre emploi).

mondial. Marx rirait bien au spectacle de ces experts qui, à la guerre traditionnelle, celle où l'on meurt et où l'on tue, prétendent substituer une guerre économique où les nations et les individus se borneraient à s'enrichir ou à s'appauvrir sans violence aux dépens les uns des autres.

Qui vous dit que ces conflits resteront pacifiques et que les armes pour tuer la guerre ne s'abattront pas sur l'humanité comme elles l'ont toujours fait dans le passé ? Les seules armes dont on peut garantir qu'elles ne serviront jamais sont celles que l'on n'inventera jamais ; tout le reste est de la conjecture. Pour s'extraire de la « mélasse éthique », le plus simple est ne pas s'y plonger pour commencer et, à défaut, de se battre et de résister, ce qui suppose un solide point d'ancrage éthique. Pour simpliste qu'il puisse paraître à première vue [155], le principe que George Wald a proclamé au MIT le 4 mars 1969 peut en tenir lieu :

Our business is with life, not death.

Roger Godement

Postface à
Analyse Mathématique
éd. Springer-Verlag, 1997

---

[155] Conseillons aux rieurs cyniques de lire Richard Preston, "The Bioweaponeers" (*The New Yorker,* 9 mars 1998), sur les armes biologiques soviétiques : variole, peste et anthrax (charbon) transportées par des missiles MIRV. L'article est une longue interview du scientifique en chef du projet soviétique (82 000 employés), Ken Alibek, passé aux USA en 1991, et de son homologue américain. Voir aussi et surtout Ken Alibek, *Biohazard* (Random House, 1999) ou *La guerre des germes* (éd. Presses de la Cité) et Judith Miller, Stephen Engelberg & William Broad. *Germs, The Ultimate Weapon* (Simon & Schuster, 2001) par trois journalistes qui ont fait leur *homework.*

25 février 1999

Les scientifiques ont-ils besoin des militaires ?

Retranscription d'une émission de
France Culture, "Le front des sciences",
Jeudi 25 février 1999, 15h30.

Depuis 1945, aux États-Unis comme ailleurs, de nombreuses disciplines scientifiques ont fait l'objet de tentatives de séduction de la part des pouvoirs politiques, et ce, en vue de leurs applications militaires, immédiates ou potentielles. En France, dans les années 1970, un mathématicien des plus brillants, Alexandre Grotendieck, fut amené à démissionner d'une institution des plus renommées, l'IHES (Institut des hautes études scientifiques) parce que 3,5 % de ses subventions, soit 80 000 francs, provenaient des militaires.

Depuis ce cas emblématique, il semble bien qu'il n'y ait guère eu d'autres scientifiques pour s'en émouvoir publiquement. Roger Godement, qui n'a jamais cessé d'articuler ses travaux théoriques et pédagogiques avec la question de l'engagement des scientifiques vis-à-vis des applications techniques possibles de leurs résultats scientifiques, vient de publier deux volumes d'*Analyse mathématique* (éd. Springer, 1997). Non seulement il y résume toute l'histoire de l'analyse mathématique depuis ses origines jusqu'à ses tout derniers développements, mais contrairement aux usages, alors même qu' « *il semble convenu que le métier de mathématicien consiste à fournir à ses lecteurs, sans commentaires, des instruments dont ceux-ci feront*

plus tard, pour le meilleur et pour le pire, l'usage qui leur conviendra », il accompagne son exposé mathématique d'une réflexion sans concessions visant ouvertement à briser la « loi du silence » et un certain nombre de tabous. Il ose ainsi formuler bon nombre de vérités qui jusqu'à ce jour n'étaient apparemment pas bonnes à dire (et encore moins à entendre).

Pourtant, c'est la question même de la démocratie qui est en jeu : « *La science est politiquement neutre, même lorsqu'il se trouve quelqu'un pour la laisser tomber, par mégarde, à Hiroshima* » ! Dès lors, peut-on encore confier les décisions qui concernent l'avenir scientifique et technologique de nos sociétés à une poignée de hiérarques, fussent-ils éclairés ?

Avec Roger Godement, mathématicien, auteur d'*Analyse mathématique* (éd. Springer, 1997) ; Venance Journé, physicienne, chercheure au CNRS et membre du Conseil scientifique de Pugwash ; Éric Brian, historien des rapports entre la science et l'État, auteur de *La Mesure de l'État* (éd. Albin Michel).

Présenté par Catherine Paoletti

Catherine Paoletti : Vous venez de publier deux volumes d'analyse mathématique qui possèdent deux caractéristiques assez inattendues. D'une part, vos lecteurs seront frappés de trouver autant d'idées dans des livres de calcul, mais vous assumez toute l'histoire de l'analyse mathématique depuis ses origines jusqu'à ses ultimes développements en affranchissant ces ouvrages des contraintes programmatiques qui auraient pu limiter leur portée pédagogique. D'autre part, alors que, contrairement aux usages, comme vous le précisez vous-même, « *la science est politiquement neutre même s'il se trouve quelqu'un pour la laisser tomber par mégarde à Hiroshima* » et qu'« *il semble convenu que le métier de mathématicien consiste à fournir à ses lecteurs, sans commentaire, des instruments dont ceux-ci feront plus tard, pour le meilleur et pour le pire, l'usage qui leur*

conviendra », vous mettez, si je puis dire, les pieds dans le plats des mathématiques pour briser un certain nombre de tabous, en mettant à plat, en osant formuler bon nombre de vérités qui jusqu'à ce jour ne sont malheureusement pas toutes bonnes à dire. Vous avez pris soin, Roger Godement, d'accompagner ces ouvrages de mathématiques pures d'une postface que vous avez intitulé *Science, technologie, armement*, pour débattre, arguments à l'appui, de l'influence militaire sur le développement scientifique et technique depuis la seconde guerre mondiale. Alors comment doit-on comprendre votre démarche ?

Roger Godement : Ça commence par une première partie qui s'intitule *Comment détourner un mineur* et qui explique comment messieurs Teller et Lawrence, des physiciens américains extrêmement *top* ont détourné un jeune physicien – Herbert York – pour le convaincre de prendre la direction du laboratoire atomique de Livermore, que Teller et Lawrence avaient réussi à faire créer pour suppléer aux insuffisances prétendues du laboratoire de Los Alamos créé pendant la guerre.

Ce qu'explique Herbert York, c'est que le problème de la bombe H qui était le sujet principal d'étude à Livermore quand il a été créé, avait suscité en 1949 de très gros débats internes à l'*Atomic Energy Commission* (le CEA, Commissariat à l'Énergie Atomique américain) dans lesquels des scientifiques tout ce qu'il y a de plus brillant – Oppenheimer, Fermi, Rabi, etc. – avaient manifesté leur opposition quasiment radicale au développement de la bombe H, alors que le président Truman, influencé par des scientifiques comme Teller et Lawrence, par des militaires, par des sénateurs qu'on appellerait de nos jours des « faucons », avaient finalement décidé de poursuivre et de développer tout ce qui concernait la bombe H à la fin de janvier 1950 et encore plus, deux ou trois mois après, à la suite de l'affaire Fuchs qui avait révélé que les Russes avaient acquis à peu près tous les « secrets » de la bombe atomique américaine. Et alors, ce rapport était resté absolument *top secret* évidemment.

Teller et Lawrence avaient expliqué à Herbert York que les arguments de Oppenheimer, Fermi, Rabi, etc. étaient complètement idiots et sans valeur, lui avait expliqué que l'ennemi menaçait, etc. Il faut dire que les Russes avaient fait leur première expérience atomique en août 1949, de sorte que les Américains commençaient à avoir quelques inquiétudes. Et à la suite de ça donc, Herbert York avait pris la direction de Livermore pendant cinq ou six ans et ensuite avait été nommé à la tête de toute la recherche militaire américaine, à la fin du règne de Eisenhower et au début du règne de Kennedy. Ensuite, il a été obligé d'abandonner ce genre de travail pour des raisons de santé. Il avait des problèmes cardiaques. Et alors, en 1975, Herbert York a écrit un petit livre sur Oppenheimer, Teller et la bombe H, dans lequel il explique tout ce qui est arrivé à cette époque-là, toutes les discussions qu'il y a eu à cette époque-là et dans lequel il révèle comment il a été, en quelque sorte, détourné.

C'est-à-dire qu'en 1974, le rapport de 1949 a été « déclassifié », comme ils disent dans leur jargon. Herbert York a pu le consulter – en fait il le reproduit intégralement dans son livre – et il s'est bien rendu compte qu'il avait été complètement berné par Teller et Lawrence qui avaient donné tous les arguments pour la bombe et aucun contre.

Catherine Paoletti : Mais alors, ce qui est intéressant c'est qu'il dit qu'il a été séduit par l'idée de travailler avec des scientifiques de haut niveau…

Roger Godement : Évidemment ! L'une des choses qui a séduit Herbert York c'est qu'en dirigeant Livermore, lui, pauvre jeune physicien qui venait juste de faire son doctorat et qui était assistant chez Lawrence, allait se trouver en contact avec des scientifiques absolument fantastiques comme Bethe, Fermi, Rabi, Wheeler, etc. tous des gens qui sont prix Nobel ou du niveau prix Nobel et rien que cette possibilité d'être en contact avec ce qu'il appelle les héros de notre temps, pour ce qui est de la physique bien entendu, rien que ça aurait suffi à le décider.

La raison pour laquelle j'ai associé ce type de réflexion à un ouvrage de mathématique pure est très simple (je l'explique d'ailleurs dans cette partie de ma postface), naturellement un mathématicien pur a une chance nulle de faire quelque chose d'aussi spectaculaire que l'invention de la première bombe à hydrogène. Ce n'est pas tous les jours des inventions, des innovations de ce calibre, fort heureusement pour l'humanité d'ailleurs. Une ou deux par siècle me paraissent largement suffisantes ! Donc le mathématicien pur et de toute façon ce ne sont pas les mathématiciens qui font ce genre de travail, même si l'un des deux vrais inventeurs de la bombe à savoir Ulam était un vrai mathématicien pur avant la guerre et qui a continué à faire des mathématiques excellentes après. Mais ce qui guette les mathématiciens, comme les physiciens, comme les mécaniciens, comme tous les scientifiques, c'est de contribuer à des petits projets militaires, des projets d'envergure tout à fait ordinaire qu'on leur présente simplement comme des problèmes scientifiques, comme des problèmes de calcul, s'il s'agit de mathématicien bien entendu. Au besoin sans leur dire du tout à quoi ça sert.

Un exemple typique qui est presque caricatural concerne une mathématicienne américaine de l'université Columbia a laquelle son patron a proposé vers 1952-53, un problème mathématiquement très intéressant : la propagation d'une onde de choc sphérique à l'intérieur d'une sphère. C'est-à-dire c'est une onde de choc qui ne se propage pas à l'extérieur de la sphère mais qui au contraire se propage vers l'intérieur, sans lui donner la moindre motivation du problème. Et puis elle s'est aperçue plus tard (d'ailleurs elle aurait pu le découvrir assez rapidement en s'informant) que ça c'est la base même de la théorie de l'implosion pour la bombe atomique. Mais le patron ne lui avait strictement rien dit.

Éric Brian : Je suis tout à fait saisi par cette postface de Roger Godement. J'aurais bien aimé lire ça il y a une vingtaine d'années ! Mais ce n'est pas du tout un reproche parce qu'il faut dire que c'est la première fois qu'un chercheur, qu'un enseignant de votre niveau traite frontalement cette question. Vous dites qu'il faut mettre en

garde les innocents qui se lancent aveugle dans les carrières dont ils ignorent tout. Et il faut dire que cette phrase, je crois, décrit bien la trajectoire des étudiants mathématiciens actuellement.

Aujourd'hui, il y a une sorte de crise de conscience scientifique que l'on voit aux États-Unis qui est liée probablement à la fin de la guerre froide, qui est liée aussi à des changements sur les investissements dans la recherche scientifique. Il y a des livres comme celui de Sylvan Schreiber qui traite de l'électrodynamique quantique et qui a très bien abordé ce type de questions. Dans le fond, c'était totalement, totalement tabou, il faut bien le dire. Et, en plus, en abordant la question dans le corps même d'un ouvrage mathématique. Et ça j'y reviendrai tout à l'heure parce que je crois qu'il y a une grande cohérence entre l'exposition des démonstrations que vous présentez dans le corps du texte, dans les 900 pages de maths, si j'ose dire, les commentaires que vous faites sur le plan historique au fur et à mesure de ces expositions et puis ce que vous présentez en postface comme analyse de la situation actuelle, analyse qui est extrêmement bien documentée, qui est alimentée de tout ce qui se publie en langue anglaise ou française sur ces questions…

Roger Godement : Il y a quelques petites erreurs de détails…

Éric Brian : Oui, mais enfin, le jour où les historiens feront ce taux d'erreurs, tout ira bien. Donc, je trouve que là on a quelque chose de tout à fait étonnant.

En France, nous avons une situation particulière parce nous savons que nous avons des filières qui plongent immédiatement – avec les étudiants mathématiciens – dans les activités militaires. Une des plus grandes écoles mathématiques de France, c'est l'École Polytechnique qui est une école militaire. On connaît le corps de l'armement, le CEA, le monde nucléaire. Il faut bien imaginer que les gens entrent là-dedans à 20 ans et, précisément, ils sont dans cette situation d'aveuglement. Tout paraît aller de soi. La question qui me préoccupe en vous lisant, c'est de se dire qu'est-ce qui caractérise les 50 dernières années. Si on regarde ça un peu historiquement, on va

voir que quelqu'un pourrait vous dire : « ça a toujours été le cas ». C'est-à-dire qu'il y avait toujours dès avant le XVIII[e] siècle, les maths servaient à former des officiers, des officiers d'artillerie, des officiers de la marine. On songe à l'École de génie de Mézières, à Monge. Vous citez Euler : les manuels d'Euler étaient si utiles au développement militaire français qu'on les a traduit clandestinement en France et que Condorcet lui-même a demandé à Turgot d'aller payer sur des fonds secrets à Euler pour le compenser contre le piratage des ses œuvres. Or, tout ça est connu. Ça a été étudié par des historiens comme Charles Gillispie et ça a pris une dimension très grande pendant la Révolution et l'Empire.

Aujourd'hui, la situation, en un sens, est comparable mais l'échelle a beaucoup changé je dirais. Premier niveau d'échelle, les organisations. Vous décrivez des organisations qui sont qualifiées par la littérature spécialisée de *Big science*, ces organismes gigantesques, des divisions du travail formidables. Or, rien de plus facile que d'être aveugle dans une situation de très grande division du travail. Quand il y a des bureaux segmentés… l'exemple que vous donniez de l'étudiante de Columbia est, à cet égard, tout à fait emblématique. Quant on peut sous-traiter un contrat en ne donnant que la moitié de la lecture, ça fonctionne beaucoup à l'aveuglement. Les objets y sont clairement monstrueux. Enfin là, on est pas du tout dans l'ordre de grandeur des mathématiciens du XVII[e] siècle, si on songe à Fourrier, à Euler, à Lagrange.

Deuxième niveau, le calcul électronique dont on suit pas à pas dans vos exemples l'effet sur la transformation du rapport entre ce qu'on appelle traditionnellement mathématiques pures et mathématiques appliquées. Pourquoi ? Parce que disons, en gros, pour aller vite, pour quelqu'un du XIX[e] siècle, pour appliquer les math à la physique, il faut avoir une bonne mesure, il faut avoir une bonne construction mathématique. Et puis tous les coups ne sont pas possibles. Il y a là des problèmes qui restreignent énormément la portée des calculs de maths pures. À partir du moment où vous numérisez tout et où nous avons des instruments de calcul d'une

puissance fulgurante, tout passe à la moulinette. D'ailleurs, ça ouvre des problèmes mathématiques nouveaux. C'est l'objet des recherches actuelles des mathématiciens. La division habituelle maths pures/maths appliquées est complètement subvertie, ce qui aboutit a une situation où des gens peuvent travailler en ayant le sentiment des faire des maths pures tout en servant directement des choses qu'ils préfèrent voir de loin, en considérant leur propre travail comme pur. Et ça c'est tout le problème de la situation actuelle.

Les facteurs importants sont les facteurs institutionnels, le changement d'échelle et la transformation du travail lui-même avec le développement du calcul électronique. Il y a d'autres facteurs sur lesquels on peut revenir un peu plus tard.

Catherine Paoletti : Oui, justement. Il y a quand même des questions qui se posent. Parce qu'effectivement, depuis 1945 on pourrait dire que de nombreuses disciplines scientifiques ont fait l'objet de séduction par les pouvoirs politiques en raison de leurs applications militaires immédiates ou potentielles.

Mais en France, par exemple, dans les années 1970, un des mathématiciens les plus brillants, Alexandre Grothendieck, va être amené à démissionner d'une institution renommée, l'IHES (l'Institut des hautes études scientifiques) parce que 3,5 % des subventions, soit 80 000 francs provenaient des militaires. Bon, il est clair que, depuis, cette somme peut sembler une vétille et il semble bien qu'en dehors de ce cas emblématique, il n'y ait guère eu de scientifiques qui s'en soient émus.

Roger Godement : Le cas de Grothendieck, il ne faut pas trop insister dessus, c'est un cas tellement particulier. Grothendieck a dit qu'il démissionnait à cause des crédits militaires mais ce n'est pas la vraie raison de sa démission. La vraie raison de sa démission est, je crois, due au fait qu'il s'est produit chez lui une révolution psychologique. Ça arrive quelquefois à certaines personnes. C'est rare mais ça se voit.

J'ai beaucoup de sympathie pour lui mais je ne considère pas que sa démarche soit à suivre. Ce qu'il faut faire ce n'est pas démissionner, c'est se battre …

[Après avoir démissionné, Alexandre Grothendieck a créé avec d'autres mathématiciens et scientifiques le groupe et la revue d'écologie radicale *Survivre*, qui s'intitulerons par la suivre *Survivre et vivre*, où s'élaborerons la critique de la science et de la recherche en tant que causes essentielles de la crise écologique. Voir notre brochure Alexandre Grothendieck, *Allons-nous continuer la recherche scientifique ?*, 1972 et l'ouvrage coordonné par Céline Pessis, *Survivre et vivre, critique de la science, naissance de l'écologie*, éd. L'Echappée, 2014. NdE]

Roger Godement : Monsieur Brian nous a dit tout à l'heure que la frontière entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées est en train de s'estomper complètement, ce qui est tout à fait exact. Les gens qui font de l'analyse numérique, de l'aérodynamique, tout ce que vous voudrez de ce genre, sont obligés de résoudre des équations à dérivées partielles qui supposent non seulement l'utilisation d'ordinateur, mais également l'utilisation des méthodes mathématiques d'approximation numérique et d'autre part cela pousse la communauté mathématique internationale, comme on appelle cela, à se lancer beaucoup dans ces équations aux dérivées partielles. Alors, dans un domaine comme les équations aux dérivées partielles, il faut faire attention : c'est justement le prototype même du domaine vicieux mais dans lequel vous pouvez quand même sauver votre âme, si j'ose dire.

Certes les équations aux dérivées partielles ont des quantités d'applications pratiques pas seulement militaires – heureusement, il ne faut quand même pas exagérer – et on peut même prétendre que certains domaines de la théorie étaient effectivement subventionnés par les militaires… Il suffit de mentionner la mécanique des fluides par exemple. Il y avait déjà beaucoup de mathématiciens qui s'en occupaient au XIXe siècle et même au XVIIIe d'ailleurs. Mais les applications étaient quasiment inexistantes parce que vous pouvez

toujours faire toute la théorie que voudrez mais si vous ne pouvez pas résoudre numériquement les problèmes, ça ne sert à rien.

Par contre, au XXe siècle, spécialement après la guerre, avec l'invention des ordinateurs, la situation change totalement : vous êtes capables de présenter aux militaires, aux industriels, à tous les gens qui en ont envie des solutions effectives, numériques, qu'ils n'ont plus qu'à appliquer. Mais d'un autre côté, ça n'empêche pas beaucoup de mathématiciens de s'intéresser aux équations à dérivées partielles sans se demander, sans se préoccuper des applications potentielles. Le sujet est, en soit, intellectuellement intéressant. Et vous pouvez très bien faire toute votre vie des équations à dérivées partielles sans jamais avoir affaire à une seule application militaire ou non. C'est un sujet mathématique qui a été complètement révolutionné depuis une cinquantaine d'années. Avant la guerre c'était une espèce de chaos sans forme, ni structure. Personne ne savait de quoi il parlait. On n'avait pas compris les vraies méthodes, les vrais problèmes, mais il y a eu une formidable révolution depuis la guerre. Maintenant c'est un sujet mathématique parfaitement au point qui avance à la vitesse d'une locomotive et dans lequel vous pouvez faire des mathématiques merveilleuses.

Alors le problème, dans un cas de ce genre, pour le mathématicien, c'est qu'il a quand même… le choix entre deux comportements. Il y a le comportement qui consiste à dire : « Moi, je fais des maths et les militaires, les industriels, etc. je m'en moque. » Et puis il y a ceux…

Catherine Paoletti : C'est une forme de naïveté, parce que ces résultats peuvent être utilisés par les militaires malgré tout…

Roger Godement : Non c'est pas forcément de la naïveté ! Parce que tout le monde sait qu'un résultat mathématique ou scientifique, une fois publié, est à la disposition de tout le monde. Comme je le dis dans ma postface, « *y compris du cartel de la drogue colombien s'il a des problèmes scientifiques à résoudre.* » Après tout, ils en ont sûrement, en agronomie, en chimie et tout ce que vous voudrez de ce genre. Mais ce n'est pas une raison pour collaborer avec le cartel de la

drogue. Le problème n'est pas, à mon avis, tellement dans la nature des mathématiques que vous faites, il est dans votre comportement à l'égard des utilisateurs : si vous collaborez ou pas.

Et a mon avis, c'est ça la vraie distinction entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées. C'est-à-dire que celui qui fait des maths pures, ce n'est pas forcément quelqu'un qui fait des mathématiques inutiles, parce que les mathématiques inutiles de nos jours, c'est extrêmement limité. À part la géométrie algébrique, la théorie des nombres et même la théorie des nombres, maintenant, il y a des gens qui font de la cryptologie avec…

Catherine Paoletti : Mais vous dites qu'il y a des mathématiques pures qui n'ont pas encore trouvées leurs champs d'application et que…

Roger Godement : Ce n'est pas moi qui le dit en fait. C'est un Américain qui s'appelle Peter Lax qui lui est aussi militarisé qu'il est possible de l'être…

Catherine Paoletti : Et c'est souvent la guerre qui crée les opportunités. Mais alors comment les scientifiques sombrent dans ces opportunités ?

Roger Godement : Parce qu'ils n'ont pas le choix ! D'abord, il y a celle que rappelait monsieur Brian tout à l'heure, à savoir, on entre dans la carrière scientifique, qu'il s'agisse de mathématiques, de biologie ou de n'importe quoi d'autre sans savoir où on va. Un vrai scientifique choisit son domaine en fonction, premièrement de ses capacités, deuxièmement de la passion que le domaine lui inspire. Il n'y a pas d'autres critères. Éventuellement aussi, particulièrement de nos jours, il peut aussi faire attention à la disponibilité des emplois. Les universités, le CNRS, toutes ces institutions-là ne disposent pas d'une collection illimitée d'emplois. Il y a des branches où c'est plus facile que d'autres et ça peut évidemment contribuer à orienter les gens vers ces branches-là.

En ce moment par exemple, en mathématiques, ce sont les mathématiques appliquées qui dominent. Il y a beaucoup plus d'emplois en mathématiques appliquées qu'en maths pures et même j'ai des collègues mathématiciens purs qui s'en plaignent beaucoup. Mais, fondamentalement, vous commencez à faire des maths à 20 ans ou à 18 ans, vous voyez que ça marche et vous vous dites : « *Je peux faire de la recherche. Dans quoi je vais me lancer ? Eh bien, il se trouve que j'ai trouvé un sujet : la théorie des groupes ou bien l'algèbre ou la topologie ou les équations à dérivées partielles, etc. qui me passionne, puisque j'ai l'impression que j'y comprends à peu près quelque chose. Donc je vais me lancer là-dedans.* »

Alors, une fois que vous êtes dedans, que vous avez embrayé sur un sujet, peut-être que dans dix ans, le jeune homme qui s'est lancé dans la théorie des équations à dérivées partielles s'apercevra que la moitié de ses résultats sont utilisés à des fins qu'il n'approuve pas du tout, mais qu'est-ce qu'il peut faire à ce moment-là ?

Catherine Paoletti : Mais, malgré tout, vous dites qu'il y a quand même des mathématiciens qui agissent en connaissance de cause parce que d'un point de vue de budgets, certains détournent l'argent à des fins bénéfiques…

Roger Godement : C'est un alibi qu'on entendait en Amérique dans les années 1950, 60, etc. Mais enfin, personne ne l'a jamais pris très au sérieux. De toute façon, la quantité d'argent qui était détournée était tout à fait infinitésimale par comparaison avec les budgets de recherches militaires. Les mathématiques ont l'avantage, ou l'inconvénient, selon le point de vue où on se place, d'être très bon marché par rapport à la physique, à la biologie, etc. Ça a un petit peu changé depuis l'invention des ordinateurs. Évidemment, les gens qui font des maths appliquées ont énormément d'informatique à leur disposition. Et en France, c'est sûr, ils sont presque tous subventionnés par la DRET, l'organisme de recherche et développement du ministère des armées et par des par des entreprises privées comme Dassault par exemple qui confient à

l'université, au CNRS une quantité d'études qui leur coûtent moins cher que s'ils le faisaient dans leurs propres entreprises.

Catherine Paoletti : Venance Journé, vous, vous avez été engagée dans ce qu'on appelle la *Big science*, ce que Roger Godement appelle joliment la physique crépusculaire. D'autre part, vous appartenez au Conseil scientifique de Pugwash, comment vous réagissez aux analyses de Roger Godement ?

Venance Journé : Quand j'ai commencé à lire la postface de Roger Godement, l'exemple de York qui a été séduit par le travail scientifique très stimulant au point de vue intellectuel m'as évidemment rappelé en contraste l'exemple de Joseph Rotblat. Par rapport à York, Joseph Rotblat quand il a eu à prendre une décision qui concernait son travail scientifique, il n'était pas un mineur, c'est une personne qui avait à peu près 40 ans et qui avait donc eu le temps de mûrir. Je vais vous raconter rapidement son histoire parce que je trouve qu'elle est très éclairante. Joseph Rotblat était un juif d'origine polonaise qui avait été invité en 1939 à travailler en Angleterre dans un groupe qui a découvert qu'on pouvait produire beaucoup d'énergie avec des réactions nucléaires. Il a ensuite été invité très rapidement à travailler sur le projet Manhattan. Donc, il est parti aux États-Unis et il s'était dès le départ posé un problème de conscience parce qu'il imaginait tout à fait les conséquences que pourrait avoir le développement d'une bombe atomique et la course aux armements qui pourrait s'ensuivre. À l'époque tout le monde pensait que les scientifiques qui travaillaient pour Hitler étaient sur la voie de mettre au point une arme nucléaire et, après mûre réflexion, il a quand même décidé de travailler sur la bombe américaine. Et, comme il l'écrit lui-même, il disait « *on travaillait sur cette bombe dans l'idée que cette arme ne serait jamais utilisée* » et je le cite « *l'histoire à prouvé que nous avions eu tort.* » Fin 1944, quand il s'est rendu compte que les Allemands ne gagnerait pas la guerre, il est sorti du projet Manhattan. Il a eu ensuite tous les problèmes possibles aux États-Unis.

Roger Godement : Il est ensuite rentré en Angleterre où il s'est spécialisé dans le nucléaire médical… ce qui n'est quand même pas la même chose.

Venance Journé : En effet. Et je pense que c'est parce que Rotblat a pris ce qui représente à mon avis une des grandes décisions morales du siècle, qu'il a eu une vision, qu'il a eu le prix Nobel de la paix conjointement avec l'organisation Pugwash en 1995.

Pugwash est l'organisation à laquelle Rotblat s'est consacré complètement et qui est un forum de scientifiques qui viennent d'origines politiques, sociologiques, géographiques extrêmement différentes, mais qui ont en commun d'avoir une conscience sociale des potentialités de leurs recherches, de leurs travaux et qui veulent discuter ensemble des moyens d'éviter que le pire arrive.

Ce forum a été fondé à la suite du Manifeste d'Albert Einstein et Bertrand Russell publié en 1955 et la première conférence Pugwash a eu lieu en 1957. Récemment, depuis 1995, sur plusieurs organes d'information en France, que ce soit ARTE, des journaux de la presse écrite et, très récemment sur France Inter, le fait que Rotblat en particulier et Pugwash aient eu le prix Nobel a été qualifié de prix Nobel de la paix qui n'aurait jamais dû être décerné. Je trouve qu'il est dommage qu'en France et dans certains cercles occidentaux, toute personne qui veut discuter de questions de paix, auparavant avec les Soviétiques, et maintenant avec les Russes soit considérée comme une dupe, surtout si on est quelqu'un qui parle en dehors de l'establishment officiel.

Je pense que c'était un prix Nobel absolument justifié. Rotblat n'est pas naïf. Il sait très bien que dans des discussions avec des Soviétiques ou avec des Américains, certains participants sont toujours… quand on veut discuter de sujets extrêmement sensibles et qui nécessitent d'être très bien informé, il est évident que certaines personnes sont soumis à des surveillances. Mais l'intérêt étant de discuter entre scientifiques qui ont l'écoute du gouvernement, de leurs gouvernements en général, le but principal étant de maintenir

le dialogue. Et cela a été efficace dans des moments de tensions internationales très forts, comme pendant la crise de Cuba ou pendant la guerre du Vietnam.

Donc ce que je trouve très important dans la postface de Roger Godement, c'est que des choses qui n'étaient jamais dites avant, en tout cas, jamais écrites sortent et que ce sont des bases précises pour pouvoir comprendre comment certains scientifiques arrivent à quitter leur recherche de façon complètement consciente et informée.

Roger Godement : À l'intention des gens qui croient que Pugwash est une créature du KGB, je voudrais signaler que monsieur Henry Kissinger qui n'est pas particulièrement susceptible de sympathie pro-communiste ni même, à ma connaissance, de liens avec le KGB, a assisté dans les années 1950 et 1960 à six conférences de Pugwash.

Catherine Paoletti : Comment comprendre finalement que ces questions ne soient pas débattues sur la place publique ? Tenons-nous en à l'exemple de la France.

Roger Godement : La France, justement, est à placer sous la rubrique « exception française » ! La France est le seul pays où ces questions ne sont pas débattues sur la place publique. Je disais avant l'émission qu'actuellement il y a un groupe d'historiens qui s'intéressent de façon sérieuse à l'histoire de l'armement en France depuis 1945. Un domaine crucial pour comprendre est évidemment le domaine nucléaire ! Mais dès que dans les archives officielles un document porte le cachet nucléaire, il est automatiquement interdit. Il est impossible à l'heure actuelle de consulter des archives qui concernent le nucléaire. Alors comment voulez-vous faire l'histoire du sujet et comment voulez-vous en débattre si vous ne savez pas ce dont vous parlez ? C'est ça le truc fondamental en France.

Il y a un historien anglais qui s'appelle Lord Acton qui a écrit un jour quelque chose qu'on devrait mettre en exergue au fronton du ministère de la Défense, entre autres institutions : « *Le secret du pouvoir, c'est le secret lui-même.* »

Catherine Paoletti : Mais on pourrait penser, malgré tout qu'il puisse exister des contre-pouvoirs politiques ou citoyens qui demandent des comptes dans un pays démocratique.

Roger Godement : Ça existe en Angleterre, ça existe aux États-Unis, ça existe en Allemagne, mais pas en France ; les fonctionnaires Français n'ont manifestement pas ce genre de mentalité. Je ne sais pas tellement à quoi ça tient. Peut-être au fait que la France est depuis très longtemps une monarchie absolue un peu atténuée, mais qui n'a pas été supprimée par Charles de Gaulle, bien au contraire. Il semble que les Français sont complètement sans défense contre le pouvoir central, contre les technocrates, contre les bureaucraties et qu'ils sont habitués. Parce qu'il y a quantité de choses qui ne sortent pas sur la place publique.

Catherine Paoletti : On peut constater malgré tout qu'il y a des situations de crise qui justifieraient les scientifiques de travailler pour le domaine militaire puisque, légitimement, ils devraient pouvoir participer à la défense de leur pays.

Roger Godement : Évidemment, ça c'est un problème sérieux. On peut toujours se poser la question. Moi j'étais trop jeune. Je suis né en 1921. J'avais 19 ans, 18 ans en 1939. Mais supposons qu'en 1939, j'aie eu 27, 28 ans, que je me sois spécialisé en physique nucléaire, qu'est-ce que j'aurais fait ? À vous dire vrai, je n'en sais rien ! À cette époque-là, je n'avais pas de goût pour les militaires, notamment parce que j'ai été élevé dans un milieu d'anciens combattants, des anciens combattants de base, pas des sous-lieutenants et encore moins des colonels et encore beaucoup moins des généraux assistant à la guerre à 50 km derrière les lignes. Mon père était servant d'une mitrailleuse. Mon père et ses amis ne parlaient pas tellement de la guerre. En général, quand ils en parlaient, c'était pour raconter leurs souvenirs les plus drôles. En fait, de temps en temps, quand même, ça sortait. Ça m'a impressionné. En plus de ça, il y a eu à la fin des années 1930, une très forte vague pacifiste, et pas seulement en France. Rétrospectivement, on peut dire que ce n'est pas ce qui est arrivé de mieux. Mais enfin, j'étais à cette époque-là un peu politisé

tout en faisant des maths à jet continu. En 1940, je ne serais pas entré à l'école Polytechnique si j'avais été collé au concours d'entrée à l'école Normale. Mais enfin, si j'avais eu plusieurs années de plus, si j'avais, encore une fois, été passionné par la physique plutôt que par les mathématiques, je ne sais pas trop ce que j'aurais fait.

Éric Brian : Ce que je trouve qui est vraiment très poignant dans cette postface, c'est que c'est un des rares textes à ma connaissance qui permet de poser le problème de la conscience du scientifique aujourd'hui. Et il y a pour moi, là, quelque chose de tout à fait important. C'est-à-dire pour aller vite, on a un peu l'impression qu'après la mobilisation totale des scientifiques pendant la deuxième guerre, après la guerre froide, disons la manière la plus simple d'être scientifique est de ne plus poser ces questions, de ne pas poser ces questions, tout au moins de réserver peut-être à un cas de conscience secret et individuel. Mais ce n'est pas l'objet d'une réflexion explicite ni collective.

Et là, on se rend compte jusqu'à quel point les stratégies de repli de type « *moi je fais dans les maths pures, je ne veux pas voir* » sont répandues. Ce sont de vraies questions et la science n'a de sens que si – enfin c'est la manière dont j'ai été formé – si la question centrale c'est de savoir ce qu'on fait.

On pourrait dire ça plus simplement que « *Pas de science sans conscience* » mais Rabelais devait avoir d'autres idées en tête… Mais en ce qui concerne « *savoir ce qu'on fait* », c'est une phrase bien plus simple et pas anachronique. Car il est quasiment impossible de savoir ce qu'on fait quand on est scientifique aujourd'hui. J'ai envie de dire depuis la deuxième guerre mondiale et jusqu'à aujourd'hui. C'est pour cela que cette postface est partie intégrante du livre, au point de trouver le livre plus cohérent que Godement le dit lui-même. Vous paraissez par moment dire « je vous fais un *ex-cursus* », tout en disant, « il le faut. » Et justement, il le faut. Je pense profondément qu'enseigner, transmettre le savoir-faire mathématique, ça demande aussi de transmettre la possibilité de savoir ce qu'on fait. Et donc, le livre est très cohérent. Cohérent dès sa préface, dès les arguments

mathématiques présentés tout au long des 900 pages de démonstrations et dans la postface. Je pense que c'est une réponse aujourd'hui à cette situation. Ce n'est pas scientifique de travailler dans l'aveuglement. Sinon on est des automates, pas des scientifiques. Il faut reconquérir, pour ainsi dire, cette conscience.

Et peut-être que la deuxième guerre mondiale a été un terrible choc pour la conscience scientifique dont il faut se demander si on s'en remet ou pas. Je ne prétends pas du tout donner de leçon là-dedans. S'il y a une pureté dans la science, elle n'est pas dans l'exhibition formelle d'un calcul en disant « *je ne vais pas voir ce qui se passe ailleurs.* » Non ! Elle est dans cette réflexion qui tient en même temps la démonstration mathématique et la réflexion sur ses usages. C'est un geste très nouveau de voir un ouvrage, un livre qui donne vraiment toutes les bases de l'analyse mathématique à tous les niveaux, du début de la fac jusqu'à ce qu'on voudra, qui servira de référence pour les étudiants pendant des décennies, non seulement pour sa portée mathématique mais en plus parce que c'est un objet entier, si j'ose dire.

Catherine Paoletti : Cette information, cette éducation, est-ce qu'elle doit se passer seulement à l'intérieur du milieu scientifique ou éventuellement dans des débats publics, dans la presse ? Parce que si vous prenez le cas de Jacques Blamont qui dans les colonnes du journal *Le Monde*, après avoir argumenté sur la légitimité de la force de frappe française et du nucléaire dit, il y a quelques années, que l'effondrement de l'empire soviétique a rompu l'équilibre idéologique, politique, économique et militaire qui maintenait la paix, alors qu'auparavant il soutenait le contraire. Là-dessus, personne ne le conteste en dehors de Roger Godement. Et puis il repart en disant que nous ne sommes actuellement dans un état de guerre potentiel, etc. ; nouvelle donne. Il a quand même enfin une phrase assez étonnante : il faut célébrer un mariage à égalité entre les personnels d'origine civil et militaire.

Roger Godement : Oui, le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences avait déjà dit ça aussi de son côté.

Catherine Paoletti : Mais alors, comment cette réflexion doit-elle pouvoir se mener ? À l'intérieur de la communauté scientifique ou sur la place publique ?

Roger Godement : Les deux ! Les deux ! Et, à mon avis, c'est aussi difficile dans un cas comme dans l'autre en France.

Venance Journé : Sur cette question, je voudrais prendre un autre exemple. C'est ce qui s'est passé en France, au moment de la reprise des essais nucléaires. Je trouve extrêmement significatif de l'état d'esprit des scientifiques, de la population et de ceux qui nous dirigent. Il y a eu très peu de réactions. Quasiment pas de réactions chez les scientifiques qui sont quand même des personnes qui devraient être au courant de ce qui se passe. Je pense que dans cette question des essais nucléaires, il y a évidemment des aspects techniques assez compliqués. Certains peuvent être expliqués au grand public. En tout cas, les conséquences peuvent être très largement expliquées au grand public. Et il n'y avait absolument rien dans la presse qui permettait de se faire une opinion informée. Il a fallu que ce soit un article publié dans le journal *Libération* du 14 juillet qui reprenne un rapport fait par des Américains qui étaient venus en France interviewer des personnes de l'*establishment* français sur ces questions pour que des informations techniques qui pouvaient être comprises par le grand public sortent ouvertement. Et ensuite il y a eu une discussion, puisqu'il y a eu des débats télévisés, etc. Mais pourquoi a-t'il fallu qu'il y ait une incursion étrangère pour qu'un débat sérieux démarre en France, plusieurs mois après l'annonce de la reprise des essais nucléaires français ?

Roger Godement : Ce n'est pas le seul domaine. Je rappelle que les problèmes posés par la politique de Vichy ont été discutés pour la première fois par un certain Robert Paxton, historien de Princeton à New Jersey !

Éric Brian : Absolument ! Et d'ailleurs, toute l'historiographie sur les rapports entre sciences, armement et toutes ces choses, est principalement en langue anglaise !

Roger Godement : Même en ce qui concerne la France et même en ce qui concerne l'histoire des sciences en France, non pas seulement après 1945 mais dès le XVIII[e] siècle.

Éric Brian : Vous avez cité Charles Gillispie tout à l'heure, historien à Princeton qui a écrit un ouvrage remarqué qui s'appelle *Science and policy : the end of the Old Regime in France* et comme mon accent le suggère, il n'est pas traduit en français !

Roger Godement : Ça aussi c'est un point crucial. Il existe une quantité absolument massive de littérature américaine sur la course aux armements, les relations entre science et défense et industrie et tout ce que vous voudrez de ce genre (on peut en faire une bibliothèque complète), mais les traductions se font en France à dose homéopathique.

Venance Journé : Je voulais rajouter une précision sur le fait que les Américains qui étaient venus en France interviewer des personnes de l'*establishment*, avaient fait un rapport qui avait été transmis au mois de janvier 1995 à toutes les personnalités qui étaient cités. Les personnalités avaient eu ce rapport et personne n'a demandé à ne pas être cité. Ça c'est une précision que je donne. D'autre part, au moment où on nous a dit que le gouvernement voulait reprendre les essais nucléaires, il y avait eu une commission comportant six personnes, qui avait fait une enquête et avait rendue un rapport. Et ce rapport on ne l'a jamais vu. Aux États-Unis, au même moment le président Clinton avait décidé l'interdiction de tous les essais de puissance, sur la base de l'étude d'une commission. Le jour où Clinton rend sa décision publique, le rapport (alors, évidemment, il y a deux versions du rapport, version confidentielle, version publique) le rapport est sur internet. Le jour même le monde entier peut la consulter. La version publique française du rapport, où est-elle ?

Roger Godement : Il faut dire que le coût de ces affaires est astronomique ! On sait depuis quelques temps – enfin, avec une bonne approximation, parce que la précision mathématique est totalement exclue dans ce genre de domaine – ce qu'a coûté à

l'Amérique tout l'aspect nucléaire de la défense depuis les origines, c'est-à-dire depuis 1939. Cela a été fait par des gens tout à fait sérieux qui appartiennent à la Brookings Institution, un *think tank*, comme on dit en américain. Ils ont mis plusieurs années, ils ont consulté tous les documents possibles et imaginables, comptabilisant tous les budgets sur lesquels ils ont pu mettre la main, tant en ce qui concerne la fabrication ou le développement des armes nucléaires proprement dites, jeux des vecteurs, jeux des essais, tout ce que vous voudrez de ce genre. Enfin, tout ce qui de près ou de loin se rapporte à la stratégie nucléaire américaine. Ils sont arrivés à un total, si je ne m'abuse, de l'ordre de 5 500 milliards de dollars, ce qui est à peu près le PNB américain pour une année ou encore, si vous voulez, 4 à 5 fois le PNB français d'une année.

Catherine Paoletti : Pour des résultats qui parfois ne sont pas forcément à la mesure des espérances.

Roger Godement : Alors là on entre là dans une controverse absolument énorme : est-ce que les armes nucléaires ont évité la troisième guerre mondiale ? Il y a des gens qui disent « *Évidemment, la preuve en est qu'elle n'a pas éclaté !* ». Il y a des gens qui disent : « *De toute façon, avec les démonstrations de la première et de la seconde guerre mondiale, il aurait fallu être fou, avec ou sans arme nucléaire pour se lancer dans une nouvelle exhibition du même genre* ». On a beaucoup accusé les Soviétiques de menacer l'Occident, d'attendre le jour J et l'heure H pour envoyer les hordes mongols déferler sur l'Europe de l'Ouest, etc. En particulier, on parlait abondamment de ça vers 1947-48, je m'en souviens parfaitement bien. A l'époque, les Russes sortaient d'une guerre qui leur avait coûté la modique somme de vingt millions de morts. 40 % de leur industrie avait été démolie. 60 000 km de voies ferrées avaient été démolies. Des millions de têtes de bétail, de chevaux, etc. avaient été tués. Moi, personnellement, je considère comme légèrement invraisemblable que les Soviétiques aient pu avoir l'idée de se lancer à l'assaut de l'Europe à cette époque-là, même si les Américains avaient en grande partie démobilisé. Les Russes aussi d'ailleurs. On voit

partout des gens écrire que les Russes n'ont pas démobilisé après la guerre, c'est faux ! À la sortie de la guerre, ils avaient 11 millions d'hommes sous les armes. Deux ans après, ils en avaient 2 800 000 peut-être 3 millions et si vous considérez l'étendue de l'Union Soviétique…

Catherine Paoletti : Quels sont les enjeux des ces mauvaises analyses ? À qui profite le crime ?

Roger Godement : Les analyses sont-elles bonnes ou mauvaises ? C'est impossible de le savoir, vous comprenez. Pour prouver la théorie selon laquelle les armes nucléaires ont empêché la troisième guerre mondiale, il faudrait pouvoir refaire l'expérience sans armes nucléaires et voir ce qui se passerait ! Malheureusement ou heureusement, selon le point de vue, l'histoire n'est pas une science expérimentale. On ne peut pas faire l'expérience et la contre-épreuve.

Éric Brian : Tout le monde sait que ce n'est pas à ce titre que l'histoire peut être considérée comme expérimentale. Ça c'est une autre affaire. L'enjeu, si on songe à la formation de scientifiques et à leur travail, est de clarifier la question de l'autonomie de l'activité scientifique. Là, il y a énormément à faire aussi bien du côté des gens qui ont une activité scientifique comme activité première ou des gens qui ont comme activité première de faire des commentaires ou des analyses de ce que font les scientifiques. Un facteur me semble très important, c'est le facteur du temps. Le temps nous permet de comprendre ce dont il a été question et il nous permet de reconquérir une possibilité d'analyse et de qualification de ce qui était à l'œuvre. Il y a des stratégies, des attitudes intellectuelles qui ne tiennent pas, notamment celle de l'aveuglement. Et je suis prêt à parier qu'au train où vont les choses, il se publiera de plus en plus de choses là-dessus. On a peut-être la chance d'avoir la possibilité de discuter plus sereinement de tout ça et pas sur le mode du tabou et de l'impossibilité.

Catherine Paoletti : Donc, nous ne sommes pas dans une situation de fatalité.

Roger Godement : Je voudrais revenir un petit peu brièvement sur un point qui a été soulevé tout à l'heure : « *Qu'aurions-nous fait durant la guerre ?* ». C'est une question qu'on pose toujours en pensant uniquement aux beaux côtés de la guerre. On trouve tout à fait normal que les scientifiques anglais, américains ou Juifs allemands, polonais, et tous les réfugiés du côté des Alliés se soient plongés directement dans le travail militaire. Mais il n'y a pas qu'eux à l'avoir fait ! Il y avait aussi des scientifiques en Allemagne !

Éric Brian : Il y avait même des philosophes pour les épauler…

Roger Godement : Alors est-ce que nous allons dire que les scientifiques allemands ont eu raison de fabriquer ou de collaborer à la production, au développement des V2, des avions à réaction, de toute sorte de chose de ce genre ? Est-ce que nous allons dire ça ?

Catherine Paoletti : Enfin, on s'est dépêché de les utiliser *post-festum*, si on peut dire.

Roger Godement : Ah, bien évidemment ! Puisqu'on les a embarqués directement après la guerre pour faire exactement la même chose en France notamment ! Pendant la guerre froide l'argument a été « *l'ennemi menace* » Et l'ennemi c'était l'Union Soviétique. Mais en Union Soviétique quel a été l'argument ? L'argument était « *l'ennemi menace* », en l'occurrence l'Amérique. Il ne faut pas oublier – je le note quelque part dans mon livre parce que c'est un petit détail qui est totalement ignoré en France – qu'à peine trois semaines après Hiroshima, le Pentagone avait déjà un plan de bombardement atomique de plusieurs dizaines de villes soviétiques en cas de guerre. Ils ont envoyé le plan au directeur du Manhattan Project, le général Groves qui leur a répondu « *Oh, mais c'est beaucoup trop. Il suffirait de beaucoup moins que ça pour écraser les Russes* ». Donc, trois semaines après Hiroshima, les militaires américains étaient déjà en train de planifier l'extermination de l'Union Soviétique. Évidemment pas avec l'intention de le faire la semaine suivante, l'atmosphère politique n'en était pas à ce point

près à la fin du mois d'août 1945. Mais quand même, on faisait des plans !

Catherine Paoletti : Donc, la seule façon de résoudre le problème c'est de ne pas fabriquer d'armes et que les scientifiques ne parviennent pas à ce type d'opération.

Roger Godement : Le vrai problème, si vous acceptez la célèbre théorie de Pasteur « *La science n'a pas de patrie, mais le scientifique doit en avoir une* » ou celle de Fritz Haber, l'inventeur de la guerre du gaz, « *Pour l'humanité en temps de paix, pour la patrie en temps de guerre !* », à quoi allez-vous aboutir ? Vous allez transformer les guerres en des horreurs absolument innommables. Si vous considérez le progrès des armements, ne serait-ce qu'au XX[e] siècle, vous passez de la mitrailleuse au canon de 75 puis à des armes nucléaires qui sont capables d'exterminer un million de personnes en cinq minutes. Alors essayez un peu d'extrapoler en supposant que ce genre de développement continue encore pendant un siècle ou deux. Vous imaginez la situation !

Venance Journé : Ce qu'a dit Éric tout à l'heure à propos de la notion du temps, je crois que c'est essentiel. Là aussi, je cite encore Rotblat qui dit « *Ceux qui ne peuvent pas se rappeler le passé sont condamnés à le répéter* ». Pour moi, c'est ça qui a été le plus important. Rotblat ne renie pas ce qu'il a fait avant. Il a pris une décision d'arrêter et ensuite il a travaillé sur les moyens de limiter les conséquences des découvertes auxquelles il avait participé.

Éric Brian : Je pense que la clef de tout cela, c'est la question de la conscience. La conscience des savants qui s'en foutent, la conscience de chacun d'entre nous qui assiste, côtoie, commente, voire participe à ce XX[e] siècle, dont nous espérons qu'il aura été le plus terrible. Nous avons une expérience qui a commencé avec la Première Guerre Mondiale et le pli a déjà été pris pour les gens qui vont s'engager dans la Seconde Guerre Mondiale, et la structure était en place en 1939 essentiellement. Je crois donc que c'est tout à fait normal qu'il faille 50 ans, 80 ans, enfin qu'il faille autant de temps pour

comprendre et poser clairement ces problèmes sans sous-entendus, sans procès d'intention et véritablement s'interroger.

Catherine Paoletti : Roger Godement, les scientifiques ont-ils vraiment besoin des militaires ?

Roger Godement : Non. Enfin, plus exactement, les scientifiques *ne devraient pas* avoir besoin des militaires. *De facto*, à l'heure actuelle, il y a beaucoup de domaines où ils en ont besoin : toute l'informatique, l'électronique, la mécanique des fluides, toute sorte de choses de ce genre, les mathématiques appliquées… Si vous coupiez les crédits militaires, je ne dis pas que ça s'effondrerait, mais ça diminuerait considérablement.

Je cite dans ma préface les crédits gouvernementaux américains attribués à l'informatique et aux mathématiques appliquées. En 1994, le total est de l'ordre de 1 milliard 250 millions de dollars, sur lesquels le Pentagone à lui seul fournit 590 millions, c'est-à-dire pas très loin de la moitié ! Et ceci couvre à la fois, la recherche fondamentale et la recherche appliquée et pas le développement industriel ! Uniquement la recherche proprement dite au sens fondamentale et appliquée. Et si vous regardez seulement la recherche appliquée, la proportion est encore plus élevée : 55, 60 % ! Alors évidemment, si on coupe ces crédits, ceux qui font des maths appliquées ou de l'informatique aux États-Unis vont avoir des ennuis sérieux. La solution dans un cas de ce genre serait évidemment de remplacer le Pentagone par une organisation qui n'aurait pas les mêmes buts !

Parce que, après tout, l'informatique ça peut toujours servir, la mécanique des fluides ça peut toujours servir. Si les gens qui faisaient de la mécanique des fluides entre les deux guerres pour développer, perfectionner l'aéronautique n'avaient eu devant eux qu'une aéronautique pour transporter les touristes et les businessmen à travers l'Atlantique, il n'y aurait rien à dire ! L'ennui est qu'à cette époque-là l'aéronautique était à 80 % militaire partout, y compris aux États-Unis, y compris en France, y compris en Angleterre, pas tout à fait en

Allemagne en 1933 évidemment, mais immédiatement après, y compris en Union soviétique, etc. Donc quelqu'un qui faisait de la mécanique des fluides entre les deux guerres pouvait difficilement ignorer ce qui se passait.

FIN

Indications bibliographiques

Alexandre Grothendieck

Allons-nous continuer la recherche scientifique ?

1972

Brochure réalisée par nos soins.

Groupe Oblomoff

Un futur sans avenir

pourquoi il ne faut pas sauver la recherche scientifique

Livre paru aux éditions l'Échappée, 2009.

Céline Pessis (coord.)

Survivre et vivre,

critique de la science, naissance de l'écologie

Livre paru aux éditions l'Échappée, 2014.

Table des matières

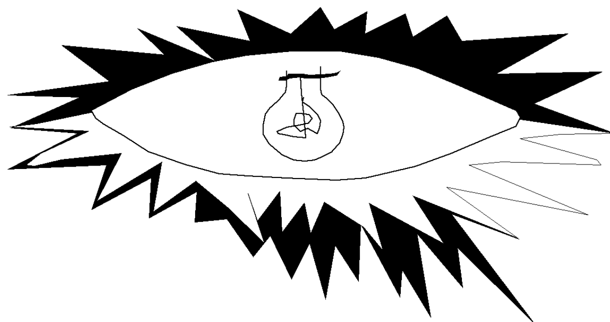
A suivre…

Edition réalisée par

Bertrand Louart, rédacteur de

Notes & Morceaux choisis

Bulletin critique des sciences, des technologies et de la société industrielle



Treize numéros publiés aux éditions La Lenteur

Bertrand Louart - Radio Zinzine – 04 300 Limans

Le lecteur innocent et beaucoup de mathématiciens confirmés seront probablement surpris de trouver dans mon livre quelques allusions très appuyées à des sujets extra-mathématiques et particulièrement aux relations entre science et armement. Cela ne se fait pas : *la Science est politiquement neutre, même lorsque quelqu'un la laisse par mégarde tomber sur Hiroshima*. Ce n'est pas non plus au programme : le métier du mathématicien est de fournir à ses étudiants ou lecteurs, sans commentaires, des instruments dont ceux-ci feront plus tard, pour le meilleur et pour le pire, l'usage qui leur conviendra.

Il me paraît plus honnête de violer ces misérables et beaucoup trop commodes tabous et de mettre en garde les innocents qui se lancent en aveugles dans des carrières dont ils ignorent tout. En raison de ses catastrophiques conséquences passées ou potentielles, la question des rapports entre science, technologie et armement concerne tous ceux qui se lancent dans les sciences ou les techniques ou les pratiquent. Elle est gouvernée depuis un demi-siècle par l'existence d'organismes officiels et d'entreprises privées dont la fonction est *la transformation systématique du progrès scientifique, et technique en progrès militaire* dans la limite, souvent élastique, des capacités économiques des pays concernés.

Roger Godement (1921-2016)

Prix Libre